



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Informática

PROYECTO FIN DE CARRERA

**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE
FUNCIONES DE ESTIMACIÓN DE
TRÁFICO ANUAL PARA
ESTACIONES DE LA RED DE
CARRETERAS ESPAÑOLAS**

Leganés, Octubre de 2011

Autor: Tardón Martín, David

Tutor: Cuadra Fernández, María Dolores

Director: Galán Bueno, Pedro M.



Título: ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE FUNCIONES DE ESTIMACIÓN DE TRÁFICO ANUAL PARA ESTACIONES DE LA RED DE CARRETERAS ESPAÑOLAS

Autor:

Director:

EL TRIBUNAL

Presidente:

Vocal:

Secretario:

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día ___ de _____ de 20___
en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda
otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE



Agradecimientos

Este proyecto es el resultado del apoyo y del esfuerzo tanto propios, como de las personas con las que he podido contar para su realización.

Sin embargo destacaré especialmente, a mi Director de proyecto, Pedro M. Galán Bueno, jefe de servicio de proyectos de la DGC, Subdirección General de Explotación y Gestión de Red, con el cual he tenido la oportunidad de trabajar, aprender y debatir (de esto mucho la verdad), el cual ha sido el iniciador y el incentivo constante para llevar a cabo el trabajo que aquí presento. En el transcurso de este tiempo me ha iniciado al mundo de la ingeniería de tráfico y me ha proporcionado numerosos contactos para llevar a cabo mi proyecto, que finalmente, se han convertido en colaboradores y amigos.

También quiero destacar a mi directora de la universidad, María Dolores Cuadra Fernández, que me ha dado la oportunidad de presentar dicho proyecto y me ha guiado en los entresijos de la creación del mismo.

Además, durante el proceso de realización, he tenido la suerte de trabajar con distintos compañeros del ministerio y de mi empresa, cuya valiosa ayuda ha sido imprescindible para la elaboración del trabajo de investigación y aplicación de la ingeniería de tráfico que aquí presento.

A Matilde Dueñas quien me ayudó en todo lo que necesité y apoyó muchísimo.

A Sebastián Hernández que siempre tenía “un momento” (que luego siempre era más bien un buen rato) para ayudarme a buscar, recopilar y conseguir toda la información que necesitaba.

A Javier Pardo por ayudarme con todo lo relacionado con el diseño y facilitarme tanto las “escapadas” a la universidad para las reuniones del proyecto.

A Julio Figueroba y Carlos Guerrero que me introdujeron en el mundo real de las bases de datos y de visual .net.

A todo el grupo de aforos y a todos los demás integrantes y ex integrantes de la subdirección y de la empresa.

Quiero dedicar especialmente este trabajo a mis padres y hermana por su comprensión, paciencia, y en especial por darme su cariño y apoyo incondicional que me han llevado hasta donde estoy y a ser quien soy.

Y por último a María, mi principal apoyo y la persona que logra hacerme feliz día a día. Muchas gracias por todo lo que me das.

Octubre 2011



A todos vosotros

ÍNDICE

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Estado del Arte:	4
3.1 Introducción:	4
3.2 La Ingeniería del Tráfico dentro de la Planificación y Explotación de Carreteras	7
3.3.1 Estudio de Ofertas. Inventario	10
3.3.2 Estudio de Demanda	15
3.4.1 El Tráfico en Carreteras. Aforos	16
3.4.2 Definiciones de las variables de Tráfico a obtener mediante aplicación	16
3.4.3 Objetivos de la Aplicación Informática.....	19
3.5.1 Tráfico. Tramificación de la Red de Carreteras.	20
3.5.2 Aforos. Tipos de estaciones.....	21
3.5.3.1 Aforos automáticos. Estaciones fijas y cobertura	22
3.5.3.2 Aforos manuales.....	22
3.6 Estudio de movilidad	23
4. Objetivos.....	26
5. Fases del Desarrollo.....	27
5.1 Plataforma tecnológica.....	27
5.2 Arquitectura.....	28
5.2.1 PERFILES DE USUARIO.....	29
5.2.2 FASE I: DISEÑO DE ESPECIFICACIONES	30
MÓDULO I.1. ANÁLISIS.....	30
5.2.3 FASE II: DISEÑO DEL MODELO DE DATOS	31
MÓDULO II.1. ESQUEMA DE LA BASE DE DATOS.....	31

MÓDULO II.2. CONSULTAS Y PROCEDIMIENTOS ALMACENADOS	32
5.2.4 FASE III: CARGA DE DATOS	33
MÓDULO III.1. VOLCADO DE DATOS.....	33
5.2.5 FASE IV: APLICACIÓN CLIENTE/SERVIDOR.....	34
MÓDULO IV.1. INTERFAZ DE USUARIO	34
MÓDULO IV.2. RECOGIDA DE DATOS	35
MÓDULO IV.3. EDICIÓN DE DATOS.....	36
MÓDULO IV.4. NÚCLEO DE PROCESAMIENTO.....	37
MÓDULO IV.5. ESTIMACIÓN	38
MÓDULO IV.6. SALIDAS.....	39
5.2.6 FASE V: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	39
MÓDULO V.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	39
MÓDULO V.2. CD-ROM ANUAL.....	40
FASE VI: IMPLANTACIÓN, DOCUMENTACIÓN Y FORMACIÓN	41
MÓDULO VI.1. AYUDA Y DOCUMENTACIÓN	41
MÓDULO VI.2. IMPLANTACIÓN	41
6. Desarrollo del Módulo de Estimación Anual (PERMANENTES)	42
6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	42
6.2 Descripción (mediante el interfaz) del módulo de estimación	47
7. Presupuesto.....	58
7.1 EQUIPO DE TRABAJO	58
7.2 PROGRAMA DE TRABAJO	60
8. Conclusiones	66
9. Líneas futuras	69
10. Referencias bibliográficas.....	69
11. Índice de figuras.....	73

12.	Índice de tablas.....	75
-----	-----------------------	----

1. RESUMEN



1. RESUMEN

El actual proyecto pretende suministrar una herramienta que permita nutrir algunos de los distintos estudios que comprende la ingeniería de tráfico para poder responder a la necesidad DE CONOCIMIENTO DE TRÁFICO EN LA PLANIFICACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CARRETERAS.

Para planificar (dimensionar) un viario o para la explotación del mismo se precisa conocer el comportamiento de unas variables básicas que esencialmente se pueden resumir en dos grupos, geometría y firme para caracterizar la oferta y el tráfico para la demanda. Este proyecto se centrará en el segundo grupo, ocupándose del proceso completo, desde que se produce la captación de datos, hasta la obtención de resultados para su aplicación en la planificación de la Red de carreteras del Estado.

El Proyecto consiste en el Análisis y Reprogramación del Sistema de Aforos de Tráfico de la Dirección General de Carreteras para adecuarlo tanto en tecnología como en contenido a los tiempos actuales, respondiendo así a las nuevas necesidades y capacidades del la DGC.

2. INTRODUCCIÓN



2. INTRODUCCIÓN

El fin último de ésta aplicación es poder ser una herramienta que nutra de datos y estudios a la **ingeniería de tráfico**, por lo que primero se deberán explicar ciertos puntos:

El Objetivo o funcionalidad que persigue la **ingeniería de tráfico** se podría resumirse en el diseño óptimo y la explotación eficiente de la red. Para ello se han de considerar los siguientes parámetros:

Dimensionamiento de la vía – analizar las necesidades de la vía.

Comportamiento de cada punto de la red con distintos indicadores para realizar este estudio.

Nivel de servicio que ofrece la vía

Trafico hora 100 (Hora número 100 de máxima intensidad del año) → Ayuda a precisar el dimensionamiento

Congestión (la congestión de la vía se produce cuando la densidad es máxima en la vía)

Velocidades de la vía (puntuales o medias)

Tráfico de vehículos pesados → Dimensionamiento de firmes (**refuerzo** de 5 a 10 años)

Dimensionamiento de **ramales** e intersecciones (carriles de acceso)

Tráfico generado o que se puede **transferir** a otra vía.

Hora que se pueda **cortar** la vía o dar servicio a **vehículos especiales (buscando horas de menor intensidad de tráfico previsto)**.

Todos estos puntos tendrán dos bases fundamentales:

- Conocimiento del **valor y distribuciones temporales** del tráfico y velocidad en cada uno de los puntos de la red de carreteras objetivo.

- Información integrada del tráfico total que discurre por la totalidad de la red desagregado **por carretera o tipo de vía o tipo de vehículo...**

Para la obtención de ambos, se hace necesaria la existencia de los llamados Sistemas de Aforo. Aquí es donde entra la nueva aplicación informática, con la que se pretende incluir de forma general los siguientes procesos que sirvan de herramienta para dar respuesta a esa necesidad:



- Administración del sistema.
- Introducción de los datos de campo.
- Validación de datos.
- Gestión de los tramos de la red de carreteras.
- Estimación de los datos asociados a las estaciones de aforo.
- ... etc.

Este proyecto explicará brevemente los procesos más importantes de la aplicación junto con sus distintos módulos, entrando más en detalle en el proceso de estimación de los datos de las estaciones. El proceso de estimación permite suplir la falta puntual (o total) de datos en cualquier punto de la red, haciendo viable cualquier estudio posterior sobre ese punto de la red.

3. ESTADO DEL ARTE

3. ESTADO DEL ARTE:

3.1 Introducción:

NECESIDAD DE CONOCIMIENTO DE TRÁFICO EN LA PLANIFICACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE CARRETERAS

Para planificar (dimensionar) un viario o para la explotación del mismo se precisa conocer el comportamiento de unas variables básicas que esencialmente se pueden resumir en dos grupos, geometría y firme para caracterizar la oferta y el tráfico para la demanda.

En el esquema de la figura 1 se recogen las necesidades genéricas de información para las dos grandes tareas de gestión del viario (conservación- explotación y planificación-diseño):

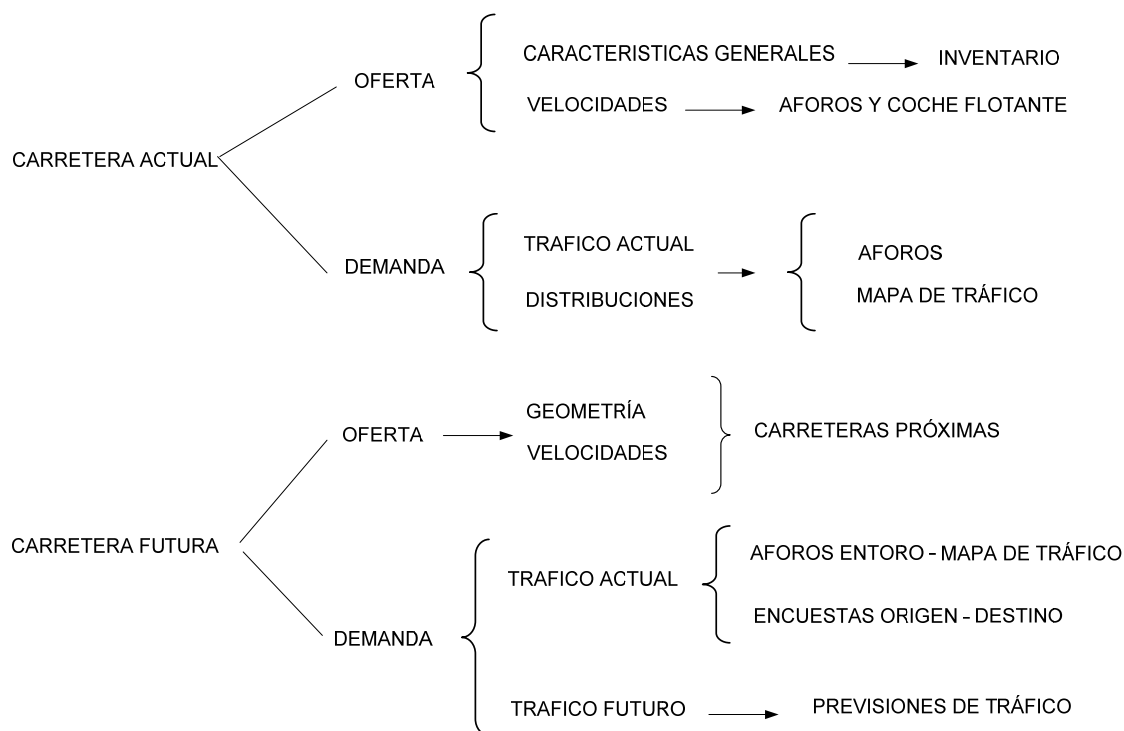


Figura 1: Carreteras

En el punto 3.2 se analiza el contenido de la Ingeniería de Tráfico dentro de los procesos de planificación y en la actividad administrativa así como todas las variables y aspectos a estudiar de la oferta y la demanda.

En esta introducción se pretende destacar la importancia que tiene el conocimiento de la oferta y demanda, que podemos sintetizar en los siguientes puntos:

1. TIPO DE VÍA Y NÚMERO DE CARRILES: la capacidad (número de vehículos que pueden pasar por una sección en una hora) está cuantificado en 3200 vehículos / hora-calzada en una carretera convencional y 2300 vehículos / hora-carril en autovía [2] [3]. Estas cantidades son teóricas y pueden disminuir según la geometría (pendiente, sección...) y el tráfico (% de vehículos pesados). Por tanto el estudio de la capacidad real de una carretera requiere conocer el tráfico (real o previsible), su composición (% pesados) así como la geometría para hacer el dimensionamiento en la hora 100 [4] (la Intensidad de la hora 100 de una sección es el tráfico registrado en aquella hora del año que solo es superada por otras 99 horas).

2. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME: la sección del firme depende fundamentalmente de las cargas a las que va a ser sometida la carretera. Las normas 6.1 IC y 6.2 IC de secciones de firme y la 6.3 IC de rehabilitación de firmes [5] establecen seis tipos principales de tráfico pesado y cuatro secundarios en función de los cuales se debe hacer el dimensionamiento del firme. Obviamente el tipo T42 (intensidad inferior a 25 vehículos pesados / día) apenas necesita más que una leve capa de rodadura. Es imprescindible por tanto conocer el tráfico pesado que circula por cada carril para hacer el dimensionamiento inicial de la sección del firme y el posterior refuerzo (cada 5-10 años). Estas clasificaciones pueden observarse en la Tabla 1.

Tabla 1: Categorías de Tráfico Pesado

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	$\geq 4\ 000$	$< 4\ 000$ $\geq 2\ 000$	$< 2\ 000$ ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

3. EXPLOTACIÓN DE LA CARRETERA:



a. NIVEL DE SERVICIO. La calidad de funcionamiento de una vía se puede expresar mediante el nivel de servicio, que es un indicador que depende de la fluidez del tráfico (depende por tanto de los tráficos puntuales y del porcentaje de vehículos pesados) y de la geometría de la carretera (sección, pendiente...). Este indicador recoge la comodidad que percibe el conductor y está directamente ligado a la velocidad de recorrido. Estas variables se deben obtener para cada una de las horas del año (8760) [2]. El nivel de servicio va de A (máxima calidad) al E (mínima). El F marca la congestión. La información de tráfico, velocidad y geometría es esencial para definir este barómetro.

b. HORAS DE CONGESTIÓN. La congestión es el resultado de un exceso de demanda para la capacidad real de la vía. Mediante los equipos de aforo se puede cuantificar la misma, ya que se produce en aquellos periodos con tráfico muy bajo y velocidad inferior a la velocidad de congestión [1].

c. ACTUACIONES EN LA RED, PROHIBICIONES O PERMISOS DE CIRCULACIÓN E INFORMACIÓN DE TRÁFICO. La búsqueda del momento óptimo para una actuación de conservación en la vía o el permiso para la circulación de un vehículo especial requiere un conocimiento preciso de las distribuciones de tráfico horarias a lo largo de cada semana para prever cuando se debe autorizar el tráfico singular o la actuación. Igualmente para suministrar información al usuario del estado del tráfico de la red se requiere una información precisa del mismo, que se obtiene de las estaciones en tiempo real.

En resumen, la información de tráfico, que será nutrida por la aplicación de la que es objeto este proyecto, es lo que permite el dimensionamiento óptimo de una carretera (tipología, geometría y firme) así como su correcta explotación. Uno de los puntos fundamentales para ello es la obtención de datos depurados y completos para el grafo de la red, por lo que los procedimientos de estimación se vuelven muy importantes.

3.2 La Ingeniería del Tráfico dentro de la Planificación y Explotación de Carreteras

La ingeniería de tráfico es la disciplina que permite describir y cuantificar el funcionamiento de una carretera existente o bien hacer el dimensionamiento y encontrar el momento óptimo de construcción de una futura carretera [6]. La ingeniería de tráfico se ha desarrollado para obtener una cuantificación objetiva de la demanda en el momento presente, considerando su evolución histórica y su previsión de futuro. Con ella podemos conocer la cantidad exacta de usuarios, viajeros y mercancías, vehículos por tipo, y algunas otras características que emplea la vía tanto en un periodo medio (normalmente un año) como en cada una de las horas, días, semanas y meses a lo largo de un año, así como la para fijar su tendencia.

La carretera es una infraestructura y al igual que en cualquier otro sector social y económico hay que dimensionarlo eficientemente para que dé un buen servicio a sus posibles usuarios. Sobredimensionar significa un empleo excesivo de medios (sobrecoste) para conseguir idénticos resultados e infradimensionar significa tener carencias o prestar un mal servicio en algunos periodos.

La planificación y explotación exige para cada momento un equilibrio óptimo entre la oferta (la infraestructura que se tiene con sus características) y la demanda (los volúmenes de usuarios y las características de los mismos). Ambos se regulan por parámetros de calidad que en la ingeniería de tráfico se denomina nivel de servicio, congestión, IMD (intensidad media diaria), velocidad, intensidad horaria, intensidad de la hora 100, etc....., que serán descritos que se definen en el punto 3.4.2 de este apartado.

La planificación se define como la ordenación temporal de actividades y recursos (humanos, materiales y económicos) de forma que se optimice el cumplimiento de objetivos y se minimicen los impactos [6].

Para ello se han desarrollado unos procedimientos y técnicas que permiten cuantificar las variables pertinentes y sistematizar el proceso que, en síntesis, es el siguiente.

Proceso de planificación:

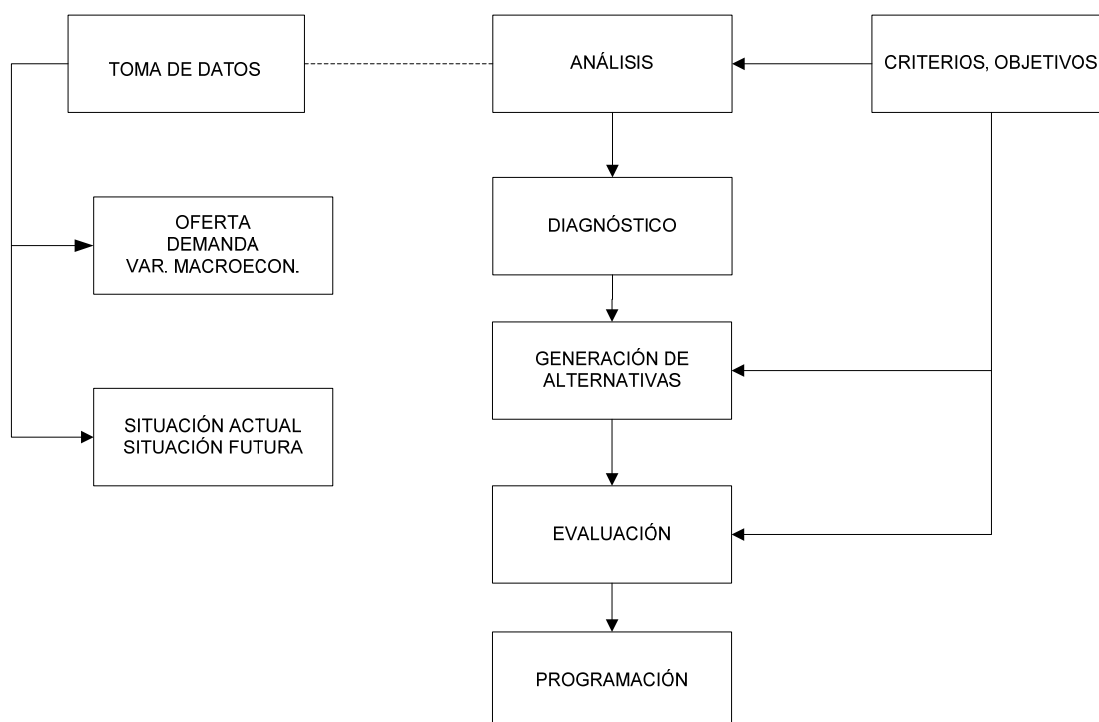


Figura 2: Análisis de Datos

El proceso de planificación (Figura 2) se desarrolla directamente a través de estudios específicos, cuando se elabora un Plan de carreteras ó infraestructuras, que en el caso de España se lleva cometiendo desde Carlos III [7]. Los últimos planes de carreteras corresponden a 1940 (Plan Vigon), Plan de Obras Públicas de 1960, 1984-1993 Plan General de Carreteras, PDI 1993-2007 y PEIT 2005-2020.

Posterior a los Planes, las actuaciones se desarrollan en el marco del Planeamiento [8] analizando el trazado óptimo, sección optima, enlaces y número de ramales, firme, etc.... en función de la tipología asignada a esa actuación en el Plan. Para ello se realizan estudios informativos con información pública, estudios de impacto ambiental que requieren a su vez DIA (declaración de impacto ambiental) y Proyecto.

El estudio informativo debe tener los estudios de oferta y demanda a los que nos venimos refiriendo para poder efectuar el dimensionamiento optimo de la infraestructura tanto en geometría como en firme.

Este proceso es idéntico en cualquier sector social o económico, público o privado si bien en este último caso los objetivos son estrictamente económicos ($\text{Ingresos} > \text{Costes}$, $\text{tasa interna de retorno} > \text{tasa de actualización}$, $\text{descuento o interés de la deuda}$, $\text{Beneficio} / \text{Coste} > 1 \dots$). En el caso de evaluación de inversiones públicas como es el caso del presente proyecto de



construcción de carreteras, lo que se busca es obtener beneficios sociales positivos (disminución de tiempo de recorrido, costes de funcionamiento y de los accidentes frente a los costes de construcción y mantenimiento).

La primera fase del proyecto de planificación es la de ANALISIS, y tiene por objetivo conocer y cuantificar las variables básicas de la oferta y la demanda. La aplicación de la que es objeto este proyecto es precisamente la que hace la cuantificación de la más importante de las variables de la demanda: el TRÁFICO.

Una vez conocida la oferta y la demanda, se hace el DIAGNOSTICO, que expresa el equilibrio o desequilibrio entre lo que se tiene y lo que se debería tener.

A continuación y en función de los recursos y objetivos se procede a crear alternativas que optimicen los objetivos planteados (por donde debe ir la carretera, su tipología, sección...).

Finalmente se procede a la EVALUACIÓN mediante análisis B / C (Beneficio / Coste) o multicriterio.

El ANALISIS es por tanto la primera fase en todo proceso y es independiente de valoraciones, objetivos y recursos. Debe ser unívoca, objetiva e indiscutible. Todos los técnicos deben estar absolutamente de acuerdo en lo que se tiene. Es por ello que es esencial disponer de un sistema óptimo de toma de datos. Para el caso concreto de las infraestructuras en el cuadro siguiente (Tabla 2) se enumeran las variables básicas objeto de análisis y el método de cuantificación:

Tabla 2: Tipos y Obtención de Datos Básicos

		PUNTUAL - LOCAL		GLOBAL	
		VARIABLES	TOMA DATOS	VARIABLES	TOMA DATOS
¿Dónde? ¿Qué?	OFERTA	-GEOMETRIA -ESTRUCTURAS -FIRMES	-INVENTARIO -MUESTRAS	-ACCESIBILIDAD	-VELOCIDADES
¿Cuántos? ¿Quiénes?	DEMANDA	-TRAFICO (DISTRIBUCION, %...) -ACCIDENTES	-AFOROS -ENCUESTAS	-ENCUESTAS ORIGEN – DESTINO -MOVILIDAD	-ENCUSTAS



Impactos	VARIABLES MACROECON. Y ENTORNO	-V. ESPEC. SECTOR	-SERIES HISTOR. -PLANES URBANOS Y LOCALES	-SERIES: PARQUE, MOTORIZ., MOVILIDAD, VELOCIDAD.	-SERIES HISTOR. -PLANES GENERALES DE OTROS MODOS
Elasticidad		-V. OTROS MODOS			
Recursos		-V. MACROECON.		-ENERGIA M.A.	
Comparación otros países		-POL. SECTORIALES -ENTORNO		-DEUDA PUBLICA - FINANCIACION	

El estudio de la oferta se describe en el punto 3.3.1. La información se obtiene por medio de inventarios.

El estudio de la demanda se centra en dos grandes ámbitos

1. Cuantificación del tráfico puntual en cada una de las secciones de la red para los periodos que se consideren relevantes dentro de un año. Se obtiene mediante aforos y la presente aplicación tiene por objeto el tratamiento del volumen de información que se precisa para el mismo (ver punto 3.4.3 de este apartado).

2. Cuantificación del tráfico por origen- destino: Se realiza mediante encuestas y tiene por objeto conocer y cuantificar los orígenes – destinos de los movimientos del viajeros y mercancías con la finalidad de dimensionar la oferta de transporte (autobuses, ferrocarriles, aviones) y dentro de la carretera los puntos que requieren un enlace para conectar con otras carreteras y /o núcleos de población y el dimensionamiento según el tráfico de los ramales. (ver punto 3.6 de esta sección). Para su realización se necesita conocer los datos de tráfico puntual descrito anteriormente.

3.3.1 Estudio de Ofertas. Inventario

Los estudios sobre la oferta tienen como objetivo describir y cuantificar las características de todos los elementos que forman parte de la carretera. Se realiza por medio de inventarios. Dadas las diferencias entre los equipos de toma de datos de cada variable, rendimiento de los equipos y periodicidad en la toma de datos, se deben hacer inventarios específicos y no integrados (tomando todas las variables al mismo tiempo). Hay variables como la geometría que son inalterables en el tiempo y otras como las referidas al firme (capacidad portante, rugosidad (IRI), deslizamiento (CRT, coeficiente de rozamiento transversal), la señalización horizontal y vertical (estado, retrorreflexión, etc.), estructuras (puentes, tajeas) y conservación de elementos que son dinámicas.

En el cuadro síntesis de tipo y obtención de datos básicos descrito anteriormente, la OFERTA permite responder a las preguntas ¿Qué tenemos? ¿Qué características tiene cada punto o sección de la carretera? ¿Dónde tenemos cada una?

En carreteras sometidas a una gran demanda de tráfico como sucede con la Red de Carreteras del Estado (RCE) de España con un tráfico medio (IMD) de 13.500 veh/día [9] [10], es necesario disponer de inventarios específicos que salvo el de geometría son de carácter anual. Una descripción del conjunto de inventarios se puede encontrar tanto en la teoría específica de cada una de ellos disponible en la DGC sobre auscultación de firmes y estructuras [11] así como en la jornada de Conservación de Carreteras del día 10 de noviembre de 2010 [12]

El inventario de características geométricas es el que sirve de grafo al resto de inventarios al definir los tramos de la RCE y las longitudes oficiales de la Red de Carreteras así como la base para el desarrollo del SIG de la Dirección General de Carreteras en todos sus inventarios y en particular del Mapa de Tráfico.

Los objetivos básicos del Inventario de Características Geométricas son los siguientes [13]:

0. Realización de un catálogo de la RCE a 31-XII-08.
1. Cuantificación de las principales características geométricas y de equipamiento.

ÁMBITOS

- Puntual (PK, Destino-Origen Tramo, Coordenadas UTM)
 - Global (tramo, carretera, provincia, tipo de vía, RCE total...)
- 3.Realización de un SIG de la RCE incorporando la red de CC.AA y Diputaciones.
 - 4.Red de referencia de la RCE en la Dirección General de Carreteras.
 - 5.Conexión con el resto de inventarios y bases de datos de la Dirección General de Carreteras.
 - 6.Articulación de Cuatro bases: Alfanumérica (datos), Cartográfica (SIG), Fotos Carretera y Ortofotos (PNOA-IGN y Google)
 - 7.Entrega al IGN y CNIG de la cartografía de la RCE.

El catálogo con la descripción del inventario se publicó en diciembre de 2010 [14]. A partir de cada uno de los inventarios se puede tener una información puntual y agregada de todas las características geométricas de equipamiento, de firme y estructuras en todos los puntos

de la red de forma que se puedan programar las actuaciones de carreteras en función de dos parámetros:

1. Demanda de tráfico (número de vehículos y carga) actual y futura. Programas de construcción.
2. Mantenimiento de la red de carreteras y de las estructuras. Programa de conservación.

En las figuras 3 al 8 se pueden observar algunas capturas del inventario utilizado actualmente por la DGC. La figura 3 es una visión general de algunos de los visores gráficos que se disponen, como es mapas, fotos delanteras y traseras, visor GIS con ortofotos, diversos datos de ese punto de la red... etc.

En la figura 4, “interfaz Selección de Carretera” se muestra como es posible seleccionar tramos individuales o vías enteras para posteriores consultas.

Mediante la figura 5 se aprecia que al visor GIS se le pueden añadir elementos inventariados como señales, kilometración...

La figura 6 es la vista de un determinado enlace con sus características geométricas.

Y finalmente en la figura 7 se puede ver la geometría de un segmento de la vía y en la figura 8 el creador de consultas del que dispone el inventario.

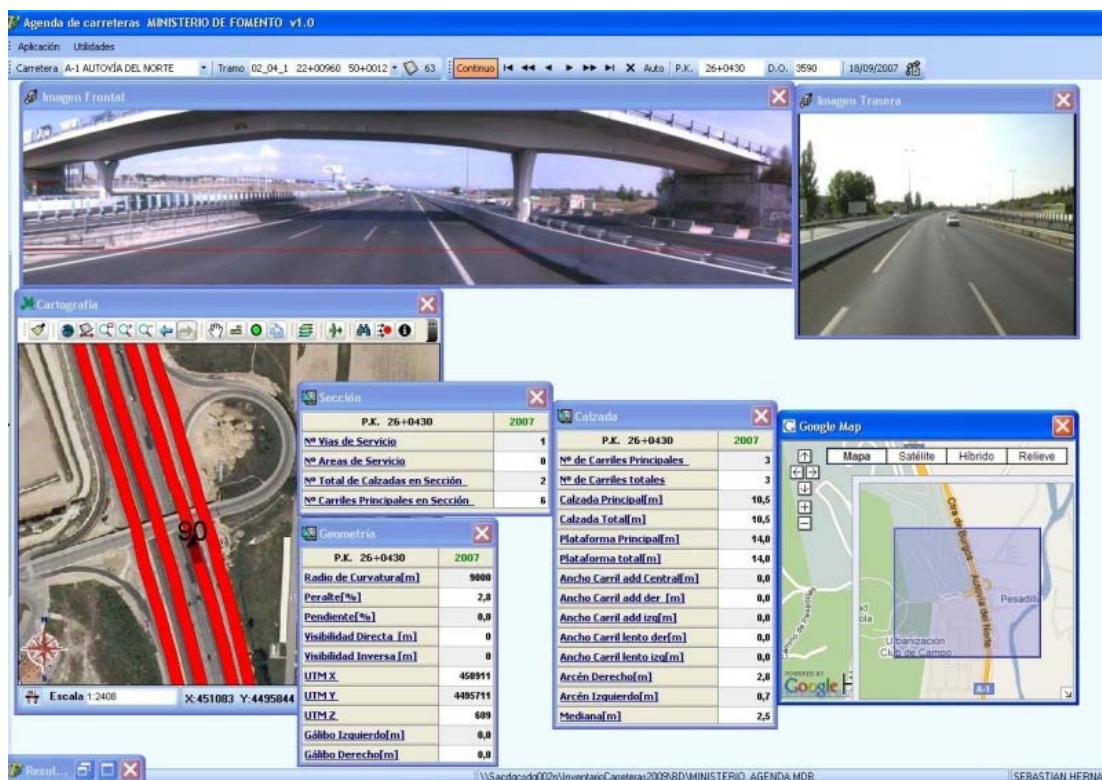


Figura 3: Interfaz diseño de Carreteras

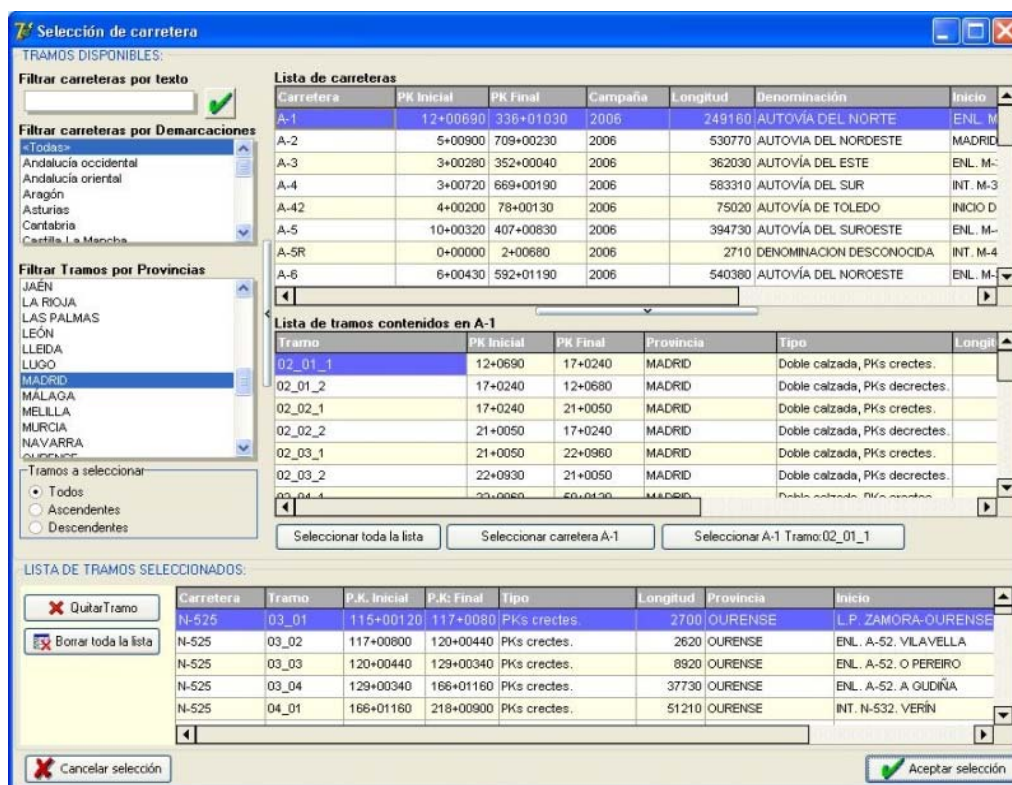


Figura 4: Interfaz Selección de Carretera

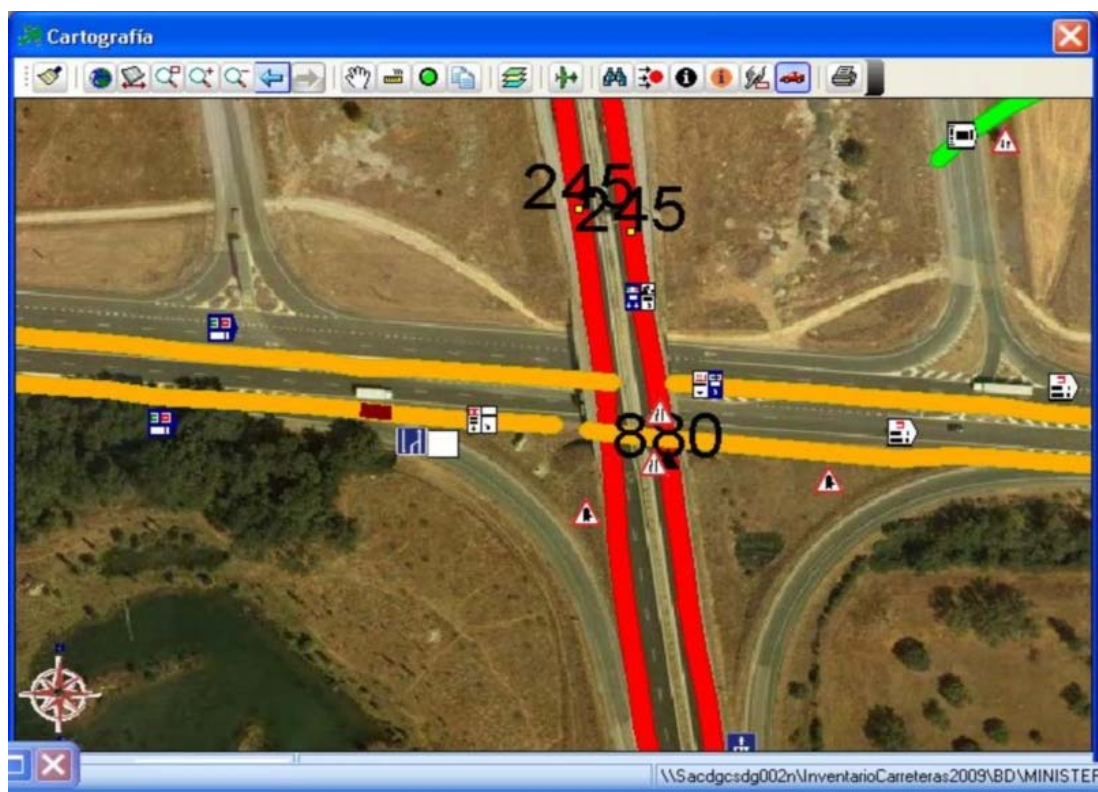


Figura 5: Cartografía de la Zona

Enlace Nº: 270

Añadir Editar Borrar Grabar Cancelar

Nº de enlace: 270 Nombre: A-1-67-270/M-131 Tipología: DIAMANTE

Carretera Principal
Nombre: A-1 P.K.: 66+1410

Carretera Enlazada
Nombre: M-131 P.K.: Titular: AUTONÓMICA

Ramales
Número: 4 Longitud Total: 903 m. Radio Mínimo: 15
Superficie Total: 6108 m2

Ramal	Ancho Calzada	Longitud (m.)	Radio mínimo
G1	7.00	87	15
R1	4.00	246	84
R2	6.00	205	146
TPI	9.00	365	102

Lista de Tramos contenidos

Carretera	Tramo	PKHto	PKDist
A-1	A1_03_02_1	66	1410
A-1	A1_03_02_2	67	410

Borrar Tramo Asignar Tramo a la ficha

Gestión Observaciones




Figura 6: Interfaz de un enlace

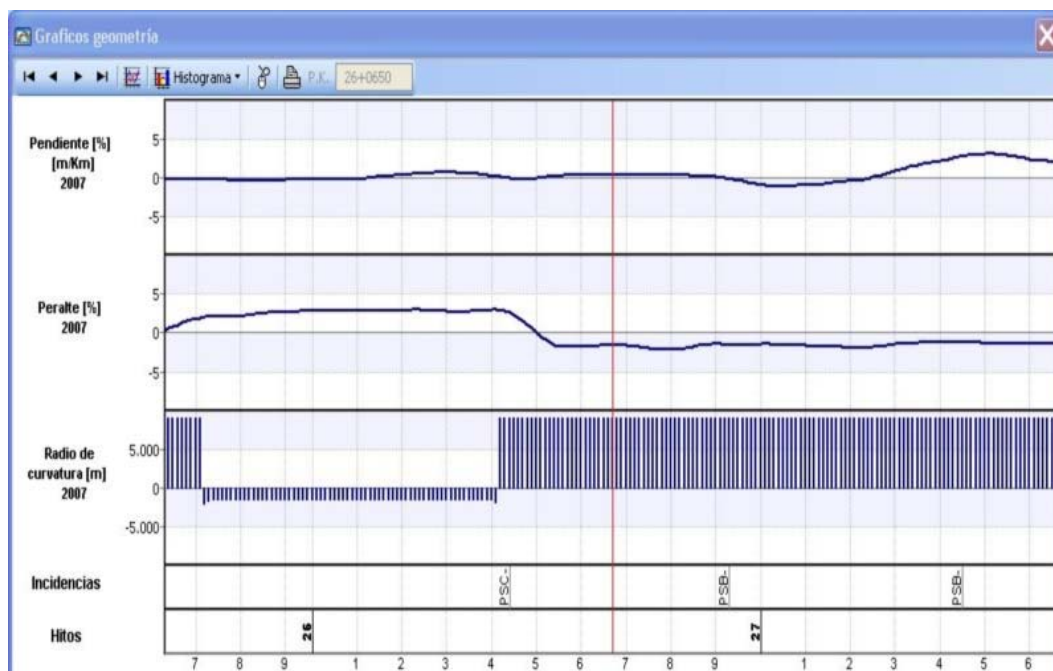


Figura 7: Gráficos de la Geometría

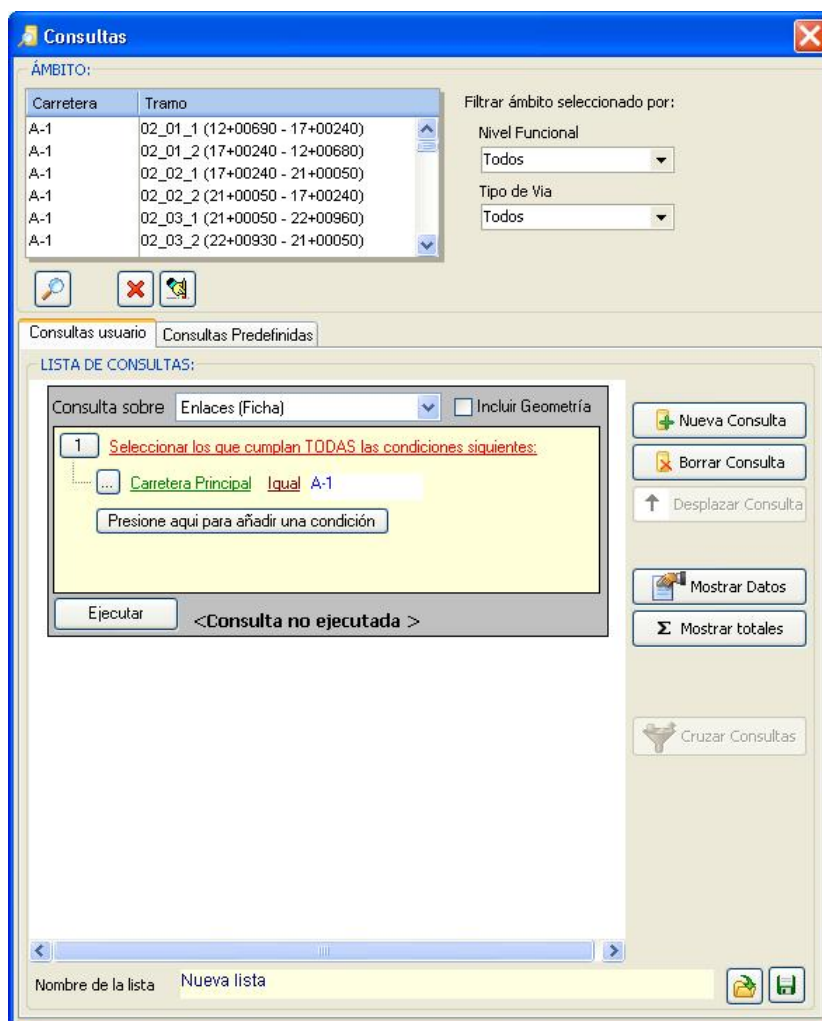


Figura 8: Interfaz Consultas

3.3.2 Estudio de Demanda

Los estudios de demanda dentro del Proceso de Planificación tienen por objetivo la cuantificación del tráfico y sus características así como en general todo lo concerniente a la movilidad.

De acuerdo con el cuadro de los datos básicos que se requieren para efectuar el análisis [1] los estudios de demanda sirven para responder las preguntas siguientes:

- Con carácter puntual (en cada sección de la carretera):
¿Cuántos son?

¿Cómo son y qué características tienen?

- Con carácter global:

¿De dónde a dónde van?

¿Cuántos van?

En el primer caso tenemos los estudios puros de tráfico a los que va destinado la presente aplicación y que como veremos se resuelve mediante AFOROS en la carretera. Su desarrollo se realiza en el punto 3.4.1. En el segundo caso (estudio de movilidad) se trata de obtener mediante encuestas origen-destino los volúmenes de viajeros y mercancías principales entre cada punto. Cuando la encuesta se realiza en carretera los volúmenes se expanden mediante los aforos obtenidos en la sección donde se efectúa la encuesta.

3.4.1 El Tráfico en Carreteras. Aforos

En la introducción se resumía la importancia de los estudios de tráfico para la planificación (dimensionamiento) y explotación (conservación) de carreteras que en síntesis son los siguientes:

1. Dimensionamiento de las características geométricas de la carretera.

2. Dimensionamiento de la sección del firme de la carretera.

3. Explotación de carreteras

- Nivel de servicio

- Horas de congestión

- Distribuciones de tráfico (horarias, diarias, semanales y mensuales) para elegir los momentos óptimos de actuación o establecer peaje distintos

- Información al público.

3.4.2 Definiciones de las variables de Tráfico a obtener mediante aplicación

Las variables básicas que forman parte de los estudios de tráfico y que permiten responder a las preguntas anteriores son las siguientes [15]

IMD: Intensidad Media Diaria: número de vehículos que pasa por una sección en el día medio del año. Es el indicador más conocido para referir la importancia que tiene el tráfico en una sección determinada. Por encima de 10.000 veh/día una carretera puede tener problemas de circulación.



IMDP: Intensidad media de vehículos pesados. Ídem que la anterior. Está referido exclusivamente a vehículos pesados (camiones y autobuses) que limitan la capacidad y deterioran el firme.

Con ello se produce el dimensionamiento de la sección del firme (instrucción 6.1 IC, 6.2 IC y 6.3 IC. [5]).

Porcentaje de vehículos pesados: Indicador similar a la IMDP.

IH30, IH100, IH500...: Intensidad del tráfico en las horas 30, 100, 500, etc.

Es el resultado de ordenar en sentido decreciente los tráficos horarios de las 8760 horas del año y corresponde a los valores de las horas 30, 100, 500 etc. IH 100 se utiliza normalmente para el dimensionamiento de la vía y la IH 500, IH 1000, IH 1500 para fijar el nivel de servicio (calidad) en esas horas.

Capacidad: número máximo de vehículos que pueden pasar por una sección de la carretera en una hora. En teoría son 3200 vehículos/ hora-calzada en una carretera convencional y 2300 – 2400 veh/hora-carril en cada una de los carriles de la autovía. Los valores decrecen por el porcentaje de pesados y la geometría (rampa, sección limitada, etc.).

La DGC mediante la aplicación de aforos puede cuantificar la capacidad en cada punto de la red (ver notas 1, 6 y 20).

Velocidad Puntual: media de las velocidades de todos los vehículos (ligeros y pesados) que pasan por una sección en un determinado intervalo de tiempo. Permite cuantificar el nivel de servicio y la calidad de servicio así como obtener las horas de congestión.

Velocidad de recorrido: velocidad media de recorrido de un tramo de carretera. Es la única variable que no se obtiene mediante aforos sino por medio del coche flotante (recorriendo varias veces cada tramo y adelantando a tantos coches como coches adelanten al de estudio). Sirve para conocer los caminos mínimos entre cada dos puntos.

Nivel de servicio: Es un indicador de las condiciones de circulación. Depende de la oferta y de la demanda en cada momento. Oscila entre la A (máximo de calidad) y E (mínimo de calidad para la circulación). F es congestión.

Al hacer un plan de carreteras se pretende que el número de horas anuales con servicio D y E sea mínimos y si es posible que no haya horas de congestión.

Distribuciones periódicas de tráfico (coeficientes L, N, S, K y distribuciones horarias)
[16]

Permiten conocer el comportamiento de un cierto periodo de tiempo respecto a otro mayor (días, meses, años) de forma que con aforos o encuestas realizadas en un breve periodo de tiempo se puede expandir a la totalidad del día, mes o año. En el Anexo 2 se pueden observar los coeficientes de 2009 de una estación a modo de ejemplo.

Matriz de 84 días de Intensidades o velocidades. Síntesis.

Representa la máxima síntesis del tráfico en la estación. Supone una renovación de la ingeniería de tráfico y por medio de ella unido a los estudios de afinidades permite realizar las siguientes tareas:

- Análisis de la calidad de los datos aforados. → Validación, estimación y la eliminación de datos erróneos.
- Estimación del tráfico en día sin datos o no aforados empleando la matriz de coeficientes (matriz normalizada) de una estación afín.
- Establecimiento de 4 tipos de estaciones (permanentes, primarias, secundarias y coberturas) en las que salvo en las primeras no es necesario aforar todo el año y en las que gracias a la afinidad y a la matriz de 84 datos se puede expandir a todo el año [17] [18].

Estas matrices se obtienen tanto de intensidades como de velocidades. Ambos modelos se pueden ver en el Anexo 3 a y en el Anexo 3 b.

Estudios de afinidades: una estación es afín a otra cuando tienen unas distribuciones temporales parecidas y unos porcentajes de pesados similares.

La asignación de afinidades se hace en función de las distribuciones del tráfico, de la ubicación de las estaciones y de estudios territoriales de actividad económica y de composición de tráfico.

Todas las variables y / o estudios anteriormente señalados forman parte del diseño que se ha hecho en la Dirección General de Carreteras sobre la información básica de tráfico a obtener y explotar. Todo dato se viene recogiendo anualmente desde 1960 en los Mapas de Tráfico a los que se añadió desde 1993 un disco con información de estaciones y desde 2000 un CD-ROM que incorpora un SIG con la información más relevante de tráfico, accidentes y velocidades que

permiten no sólo obtener información puntual sino recoger la información media del itinerario que se desee. Como ejemplo acompañamos la hoja resumen de los itinerarios Madrid – Sevilla por dos itinerarios distintos: uno por la A-4 y otro por la A-5 y la A-66, en los Anexo 4 a y Anexo 4 b.

Las características de todas y cada una de las variables que se obtienen en el Mapa de Tráfico están sintetizadas en los criterios a los que se ha referido en la nota [16] y [17].

Para la obtención de los datos de campo la Dirección General de Carreteras publica a 31 de diciembre de cada año el desarrollo del plan de aforos para el año siguiente [19] [20].

3.4.3 Objetivos de la Aplicación Informática

La aplicación informática que se describe posteriormente, y objeto de este proyecto, persigue los objetivos siguientes (el orden de presentación es también el orden de ejecución de los diversos procesos):

- Diseño de los formatos para recepción de datos de todos los tipos de aparatos de aforos existentes.
- Aceptación de datos. Criterios
- Validación de datos. Establecimiento de un sistema de alarmas para detectar errores en los aparatos, en los datos y en la manipulación de los mismos.
- Estimación de datos (Parte central de este proyecto). Completar lagunas, errores o hacer estimaciones a estaciones que no aforan todo el año.
- Estimación final. Obtención de coeficientes, matriz de 84.
- Colocación de todos los datos de las estaciones en un SIG.
- Actualización anual del SIG con datos de geometría, accidentes, velocidades y tráfico.
- Incorporación de datos de tráfico de Comunidades Autónomas y Diputaciones.
- Obtención de datos acumulados de tráfico y transporte para la red de carreteras del Estado y el conjunto de redes [21]

Uno de los puntos más críticos e importantes es la estimación, ya que en caso de fallo en alguno de los puntos previos a éste, gracias a este punto, los procesos posteriores siguen siendo viables. Además, con el nuevo proceso de estimación, depuración y completado de datos, los resultados obtenidos son válidos para los diversos estudios, a diferencia de lo que ocurría hasta ahora, donde se evitaban aquellos puntos de la red que carecían de información fiable e incompleta. El proceso que se presenta en este trabajo ha sido validado mediante diversos estudios y análisis los cuales han concluido que la desviación que provoca en los datos la estimación es poco apreciable lo que implica una mejora frente al proceso anterior.

La RCE tiene en su plan de aforos más de 3000 estaciones en las que la información a tratar ocupa anualmente 160 GB. Una sola estación permanente recoge al día en sus 96 periodos de

15 minutos más de 3500 datos por carril. Por lo que la importancia de la nueva aplicación requiere que ésta sea ágil, amigable y con una buena síntesis y presentación de datos.

A la información se puede acceder en la propia web del Ministerio y también se incluye en la primera pantalla de Mapa de tráfico.

3.5.1 Tráfico. Tramificación de la Red de Carreteras.

A diferencia de variables puntuales como la geometría y los accidentes, el tráfico es una variable que no se puede obtener en todos los puntos de la red y requiere la partición del grafo de la red en una serie de tramos homogéneos tanto en tipología como en tráfico. De esta forma a cada uno de los tramos se le asigna el tráfico obtenido en una estación de aforo o conteo.

Para ello se requiere la realización de un inventario como el descrito en 1.1. Para proceder a una tramificación que cumpla las siguientes características:

- Homogeneidad tipológica (autovía, carretera convencional, autopista de peaje...).
- Homogeneidad de tráfico pocos sumideros o fuentes en el tramo. En el caso de autovía o autopista los tramos no tienen fugas entre cada dos enlaces).
- Longitud conocida.
- Coordenadas gráficas y geográficas de todos los puntos para el SIG.
- Posibilidad de partición posterior.

De esta forma se puede asignar a cada tramo de una forma biunívoca el tráfico de cada estación ubicada en el tramo.

Con ello la aplicación se estructurará conceptualmente en dos grandes archivos:

1. Tramos → fichero de longitudes y coordenadas (PK1-PK2, UTM1-UTM2, longitud).
2. Aforos → fichero de tráfico de estaciones.

De esta manera el tráfico total recorrido por cada tipo de vehículo J en un viario (provincia, tipo de red...) sería:

$$T_{\text{anual}} = \sum_i (\text{IMD}_{ji} \times L_i \times 365) \quad \text{siendo } i \text{ el compute de tramos del viario seleccionado}$$

La RCE tiene en la actualidad 25.633 km y está particionado en 4.055 tramos homogéneos (6,4 km/tramo) para proceder al análisis y cuantificación del tráfico total además se tienen 24.433,6 Km en la red autonómica con lo que el CD-ROM recoge el 70% del tráfico total y el 80 % del tráfico pesado que circula en España.

3.5.2 Aforos. Tipos de estaciones

La obtención del tráfico representativo de cada tramo de la red se obtiene mediante los datos recogidos en una estación de aforo ubicada en cada uno de los tramos homogéneos en los que hemos dividido la red según los criterios establecidos en el punto anterior.

La estación de aforos puede ser automática (un aparato se encarga de recoger los datos) o manual (unos operarios registran el tráfico durante un periodo de tiempo). Los distintos tipos de estaciones se muestran en la tabla 3:

Tabla 3: Registro de Datos

CARÁCTER BASICO	NOMBRE	DÍAS TEÓRICOS DE AFORO	RCE	RED PRIORITARIA CCAA
0	Permanente	365 (Todos los días del año)	402	354
1	Primaria	42 (6 semanas en meses alternativos)	323	537
2	Secundaria	12 (2 días laborables seguidos en meses alternativos)	807	350
3	Cobertura	2 (2 días laborables de semestres distintos)	1514	995

Como puede observarse en la Tabla 3, en 2009 había por tanto 1532 estaciones fijas de las cuales 402 permanentes conectadas por telemetría con los servicios centrales donde su captura diariamente la información. En 200 tan sólo había 729 estaciones fijas, 47 a telemetría.

3.5.3.1 *Aforos automáticos. Estaciones fijas y cobertura*

La DGC y todas las administraciones de España han establecido como sistemas automáticos los siguientes:

1. Estaciones fijas. Constan de una doble espira embutida en el firme y que registra el tipo de vehículo (mediante su longitud) y la velocidad a la que circula.

2. Estaciones de cobertura. Son estaciones móviles en las que se coloca una goma sobre la superficie de la carretera conectada a un aparato de aforos. Éste registra el número de ejes que pisan la goma y mediante la similitud (afinidad) con otra estación fija (afín) se aplica el porcentaje de pesados que circula por ese tramo.

En el anexo 1 se muestra un ejemplo de estación fija y las características técnicas tras una calibración. Las estaciones fijas tienen unas espiras por las que circula una leve corriente. Al pasar la masa metálica de un coche se induce una corriente eléctrica que es la que registra el aparato.

El tiempo que transcurre entre la inducción en la primera y segunda espira permite obtener la velocidad a la que circula el vehículo y el tiempo en el que está la primera espira activada permite conocer la longitud del mismo. De acuerdo con el viario español aquellos vehículos de más de 6 metros se consideran vehículos pesados y aquellos de menor longitud se consideran ligeros.

3.5.3.2 *Aforos manuales*

Los aforos automáticos sólo dan la diferencia entre vehículos ligeros y pesados. Para conocer la descomposición en los 9 tipos de vehículos en los que se desagrega el parque circulante se requiere hacer unos aforos manuales que se incorporarán a la aplicación. Estos aforos se realizan exclusivamente en las estaciones fijas y por afinidad se extienden al conjunto de las estaciones.

En una hoja EXCEL se remiten una vez rellenos a los Servicios Centrales de la DGC para su explotación. En la página 7 del Programa anual de aforos [16] se recogen las características de este tipo de aforos.

En la tabla de detalle y coeficientes en la estación se recogen los 9 tipos de vehículos así como las magnitudes principales de mercancías peligrosas y vehículos extranjeros (punto 1.2.1.1).

3.6 Estudio de movilidad

Los estudios de movilidad tienen por objetivo conocer el origen y destino de los viajeros, mercancías o vehículos.

El objetivo es conocer el número de vehículos que puede tener una nueva infraestructura (autopista de peaje, variante de población, ramal...) o modo de transporte (AVE, avión, etc.) En función del origen - destino de los mismos

En particular, la elección de un enlace con ramales en la intersección de dos carreteras, depende del volumen de vehículos que quiera cambiar de dirección en el punto.

El método para cuantificar estos volúmenes es mediante encuestas en carretera (O –D) expandidas a la totalidad del tráfico diario y anual [22], o bien más modernamente con encuestas domiciliarias o telefónicas más costosas y menos fiables pero que no interrumpen la circulación por carretera.

Con carácter global desde 1987 el Ministerio de Fomento hace una encuesta anual de mercancías por carretera (EPTMC) [23] y en el caso de viajes en todos los modos ha publicado dos estudios de movilidad: MOVILIA [24]

La utilización de esta encuesta debe complementarse con la información del Mapa de Tráfico.

4. OBJETIVOS



4. **OBJETIVOS**

El objetivo fundamental del proyecto es el del diseño, desarrollo e implantación del sistema de tratamiento de los datos de aforos de la Dirección General de Carreteras. El desarrollo de las aplicaciones y de los resultados obtenidos alcanzara un grado de precisión superior al que se obtiene en la actualidad.

El otro objetivo central debe ser la reprogramación del mecanismo actual de estimación de datos, punto de gran importancia en los planes de aforo, logrando, obtener datos lo bastante sólidos como para que los procesos y estudios posteriores puedan beber de ellos.

Otros objetivos serían:

- Aplicación multiusuario.
- Integración en la aplicación de todos los modelos de datos que emplea la DGC en sus estudios para a su vez poder servir de fuente a el resto de aplicaciones / estudios de la Dirección (mapa de tráfico, concesionarias de peaje, inventario, SIGs...)

5. FASES DEL DESARROLLO

5. FASES DEL DESARROLLO

Antes de comenzar a explicar las fases que se han desarrollado para la aplicación objeto de este proyecto fin de carrera, veremos de una manera resumida la plataforma donde se integra, dando una visión global de su funcionalidad para posteriormente centrarnos en explicar cómo se han alcanzado los objetivos planteados en el proyecto. Para la definición del nuevo Sistema, se ha tomado como base el análisis del Sistema actual, sistema fundamentado en el uso de ficheros indexados para almacenamiento de la información y estructurado en cuatro grandes bloques (Fig. 9)

Los datos entran en el sistema mediante el modulo de lectura, pasan los filtros correspondientes al subsistema de validación y se reparten posteriormente, según su composición y origen, en uno o varios de los sistemas siguientes (capacidades, aforos y velocidades)

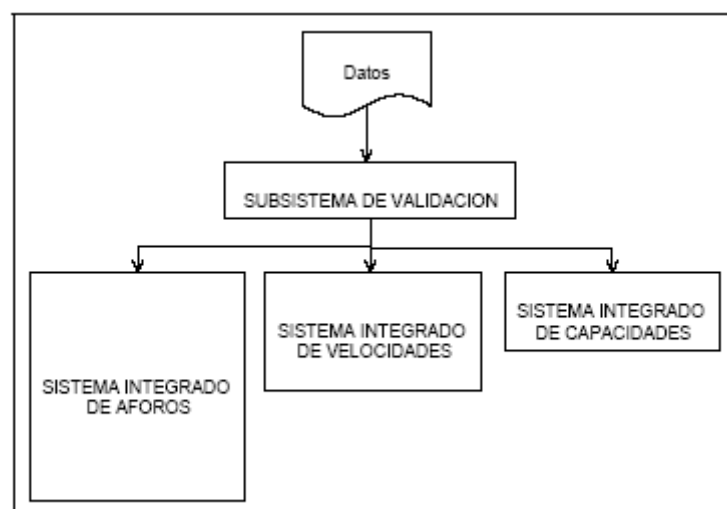


Figura 9: Principales bloques de la aplicación

5.1 Plataforma tecnológica

La aplicación podrá ser ejecutada en un entorno Microsoft Windows.

Para todas las labores de implementación se utilizará el entorno de desarrollo integrado .NET de Microsoft.

El conjunto de datos que maneje la aplicación será almacenado en el sistema de gestión de base de datos SQL Server de Microsoft. Se utilizarán todas las ventajas que aporta dicho sistema, como el soporte para transacciones, la estabilidad y seguridad de los datos.

5.2 Arquitectura

Tras el desarrollo se obtendrán 2 aplicaciones independientes que se relacionan como muestra la figura 10.

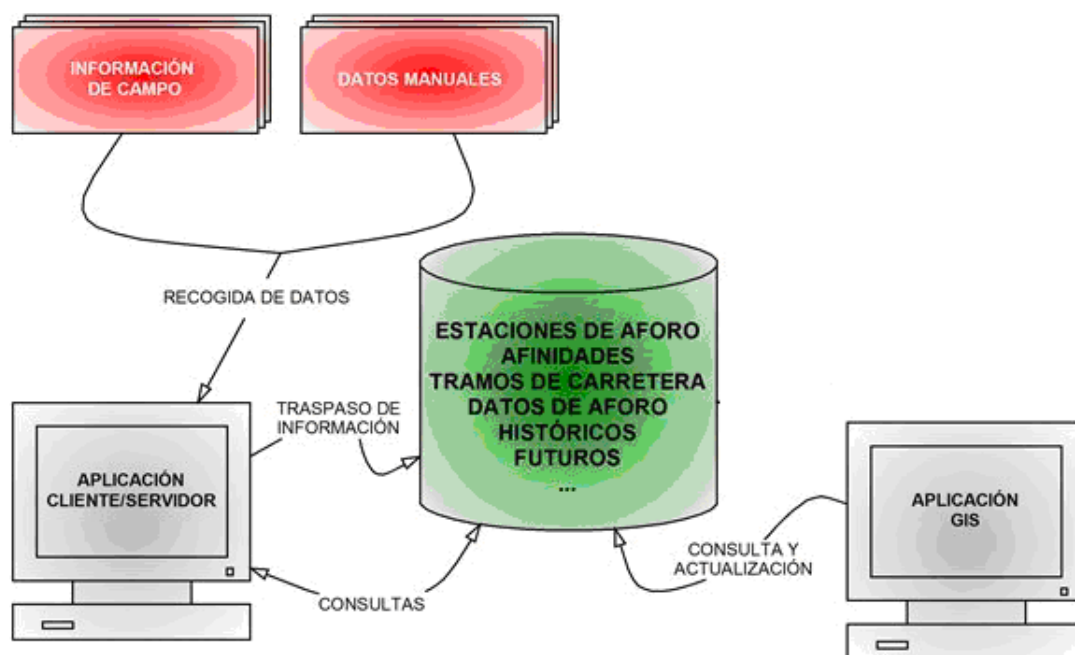


Figura 10: Diagrama de la Aplicación

Aplicación Cliente/Servidor

Por un lado existirá una aplicación Cliente/Servidor, diseñada para la carga, manipulación y publicación de los datos de aforo. Se tratará de un cliente pesado, que realice la mayoría de las operaciones de procesamiento de datos. Todos los datos de aforo residirán en el servidor.

Aplicación GIS

Sustituirá el actual sistema de información geográfico que maneja la Dirección General de Carreteras.

Podrá actualizar los datos de aforo de las estaciones de cobertura albergados en la base de datos de forma directa, sin necesidad de realizar pasos intermedios para la obtención de los datos.

5.2.1 PERFILES DE USUARIO

Se incorporará un control de accesos para restringir el acceso a las funcionalidades de la aplicación en función del perfil del usuario. Existirán tres tipos de usuarios (ver figura 11):

- Usuarios: solamente tendrán opciones de consulta.
- Operadores: además de las opciones de los usuarios, podrán dar de alta datos de aforo y editarlos.
- Administradores: además de las opciones de los operadores, podrán crear nuevos usuarios y gestionar los permisos que tengan al acceder a la aplicación.



Figura 11: Distintos Perfiles y Actividades

5.2.2 FASE I: DISEÑO DE ESPECIFICACIONES

MÓDULO I.1. ANÁLISIS

En esta fase se hará una educción de los requisitos que abarca el sistema. Los objetivos serán (figura 12):

- Identificar los usuarios: el sistema será utilizado por diversos usuarios. Cada uno de ellos tendrá una serie de necesidades que se transformarán en requisitos del sistema. Los distintos usuarios / perfiles identificados se pueden ver en el apartado anterior.

- Análisis de las tareas: se obtendrán todos los procedimientos y funciones que debe contener el nuevo sistema.

- Prototipado: se realizará un prototipo de la aplicación una vez conocidos los requisitos. Este prototipo irá sufriendo mejoras con la interlocución del cliente, hasta lograr una versión válida y que cumpla todos los requisitos.

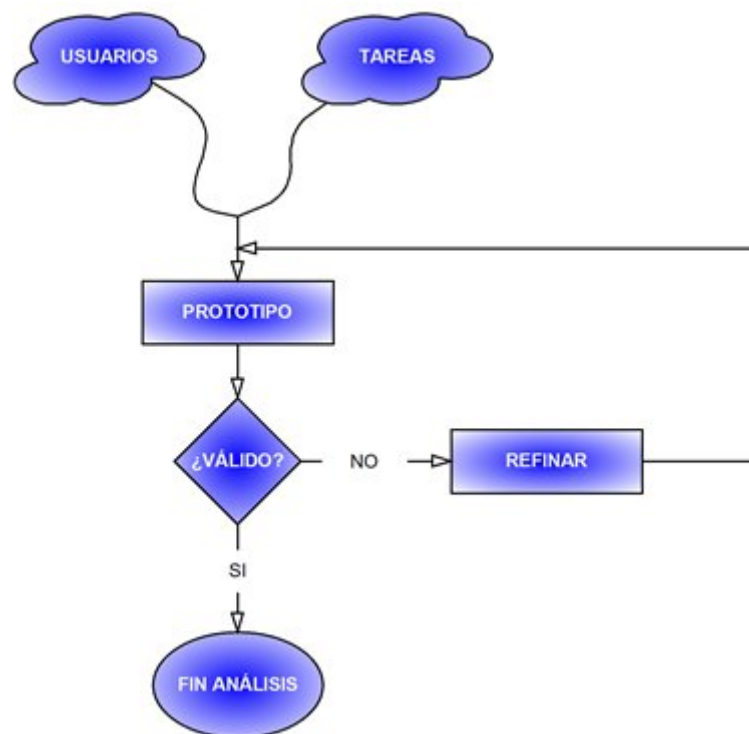


Figura 12: Diagrama de objetivos del análisis

5.2.3 FASE II: DISEÑO DEL MODELO DE DATOS

MÓDULO II.1. ESQUEMA DE LA BASE DE DATOS

La información actual, en forma de ficheros indexados, se transformará en un esquema de base de datos relacional almacenado en SQL Server. La figura 13 muestra mediante un diagrama el proceso:

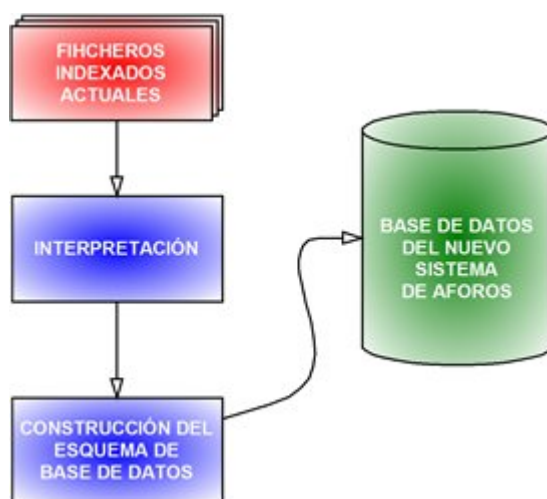


Figura 13: Esquema proceso transformación de ficheros

Entre los objetivos que cumplirá la nueva base de datos se encuentran:

- Almacenar toda la información existente.
- Mantener la integridad de los datos.
- Evitar información duplicada.
- El trabajo se realizará teniendo presentes todas las funcionalidades del sistema actual.
- Las tablas, consultas y procedimientos almacenados seguirán una nomenclatura coherente y que identifique fácilmente la información que contienen.
- El modelo construido mantendrá relaciones que agilicen las consultas y procedimientos que el sistema debe realizar. Para ello se construirán índices.
- Dimensionamiento del sistema. Se tendrá en cuenta que en la actualidad la Dirección General de Carreteras cuenta con estaciones permanentes (249), primarias (156), secundarias

(381) y de cobertura (1.916), y que su red de carreteras, con una longitud que supera los 24.600 kilómetros, contiene aproximadamente 4.000 tramos, sin incluir las redes autonómicas.

Por otro lado se planificará un sistema de recuperación del sistema. Para ello se realizarán copias de respaldo (backups) con el objetivo de mantener cierta capacidad de recuperación de la información ante posibles pérdidas. El sistema podrá volver a un estado anterior almacenado en una copia de seguridad.

MÓDULO II.2. CONSULTAS Y PROCEDIMIENTOS ALMACENADOS

Durante esta fase también se generarán las consultas y procedimientos almacenados de la base de datos (Fig. 14), encargados de sustituir parte de la funcionalidad que realiza el sistema actual.

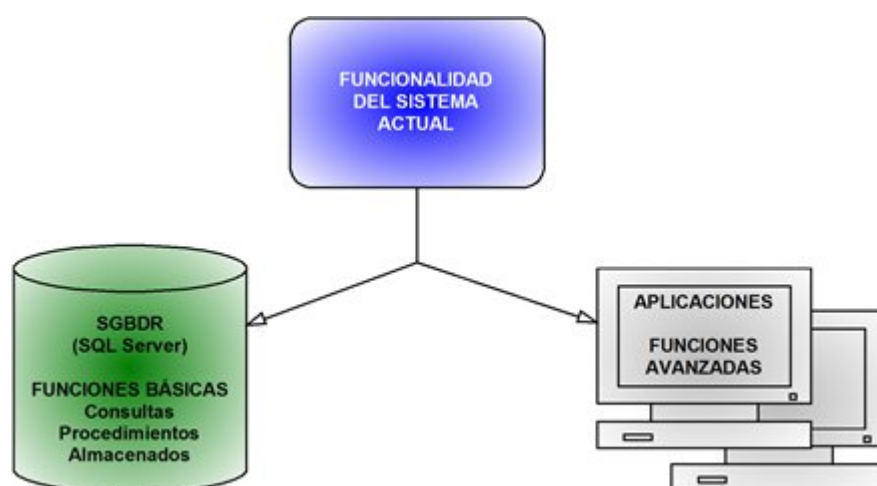


Figura 14: Funcionamiento del sistema

Se intentará incluir la mayor potencia posible, sin perjudicar el rendimiento del nuevo sistema. Para ello se implementará parte del conjunto de funciones dentro de la propia base de datos, dejando otras funciones a la fase de desarrollo de aplicaciones.

5.2.4 FASE III: CARGA DE DATOS

MÓDULO III.1. VOLCADO DE DATOS

Toda la información de aforamiento, que actualmente contiene la Dirección General de Carreteras, se volcará al nuevo esquema de base de datos con el fin de no perder información histórica.

Para esta labor se utilizará la información obtenida en la fase de análisis, en cuanto a las relaciones entre los diferentes datos.

Una vez que el nuevo sistema de aforos esté en producción, será capaz de consultar los datos cargados en esta fase.

Se realizarán 2 tareas (Fig. 15):

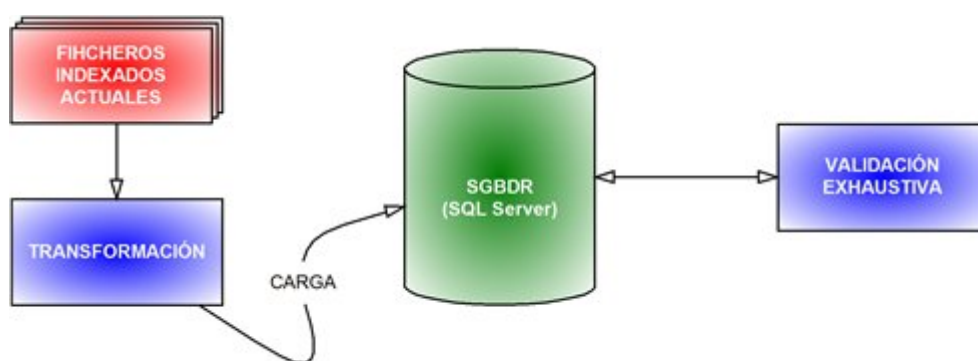


Figura 15: Diagrama de carga de datos

- Transformación: será necesario transformar los datos actuales, almacenados en ficheros indexados, a unos nuevos datos en forma de registros dentro del esquema de base de datos del nuevo sistema.



- Validación: se realizará una revisión exhaustiva de cada uno de los datos cargados en la fase anterior.

5.2.5 FASE IV: APLICACIÓN CLIENTE/SERVIDOR

Esta fase se dividirá en seis grandes módulos:

- Diseño de la interfaz de usuario
- Recogida de datos
- Herramientas de edición
- Construcción del núcleo de procesamiento
- Estimación
- Salidas

MÓDULO IV.1. INTERFAZ DE USUARIO

La creación de la interfaz gráfica de usuario (IGU) se realizará con las herramientas que facilita la plataforma de desarrollo .NET de Microsoft.

Los elementos de la interfaz buscarán unos objetivos:

- Se tendrán en cuenta los estándares de programación de la Dirección General de Carreteras para todo el conjunto de imágenes y objetos gráficos (iconos, ventanas, tipografía) para representar la información y acciones disponibles en la interfaz.
- Se estudiará la interfaz del antiguo sistema que, aunque desarrollado para MS-DOS, puede dar una idea de los elementos que deben conformar la nueva aplicación.
- La interfaz será amigable e intuitiva.
- Se crearán accesos directos, en forma de menús, botones o teclas de acceso rápido, a las herramientas más habituales, para agilizar la comunicación aplicación-usuario.



MÓDULO IV.2. RECOGIDA DE DATOS

El sistema dispondrá de un módulo encargado de recoger toda la información de aforo que llega a la Dirección General de Carreteras por diversas fuentes (discos magnéticos, telemetría, datos manuales,...)

El sistema también admitirá, como formato válido de entrada, las bases de datos de Microsoft Access (*.mdb) que el programa TOPS genera para los nuevos aparatos de recogida de datos.

Partiendo de los datos de aforo iniciales se realizará el siguiente proceso:

- Se analizará cada uno de los datos de entrada, clasificándolos en los formatos que la Dirección General de Carreteras tiene establecidos como formatos válidos.
 - Los datos serán procesados para recoger su información. En este punto habrá que unificar la información, independientemente del formato de entrada.
 - Se realizará un proceso de validación de la información para detectar posibles errores en los datos.
 - Si los datos son válidos serán almacenados en la base de datos. En caso contrario, se implementarán funciones para que los operadores puedan subsanar la información o descartarla.
- Todos estos procesos se pueden resumir mediante la figura 16:

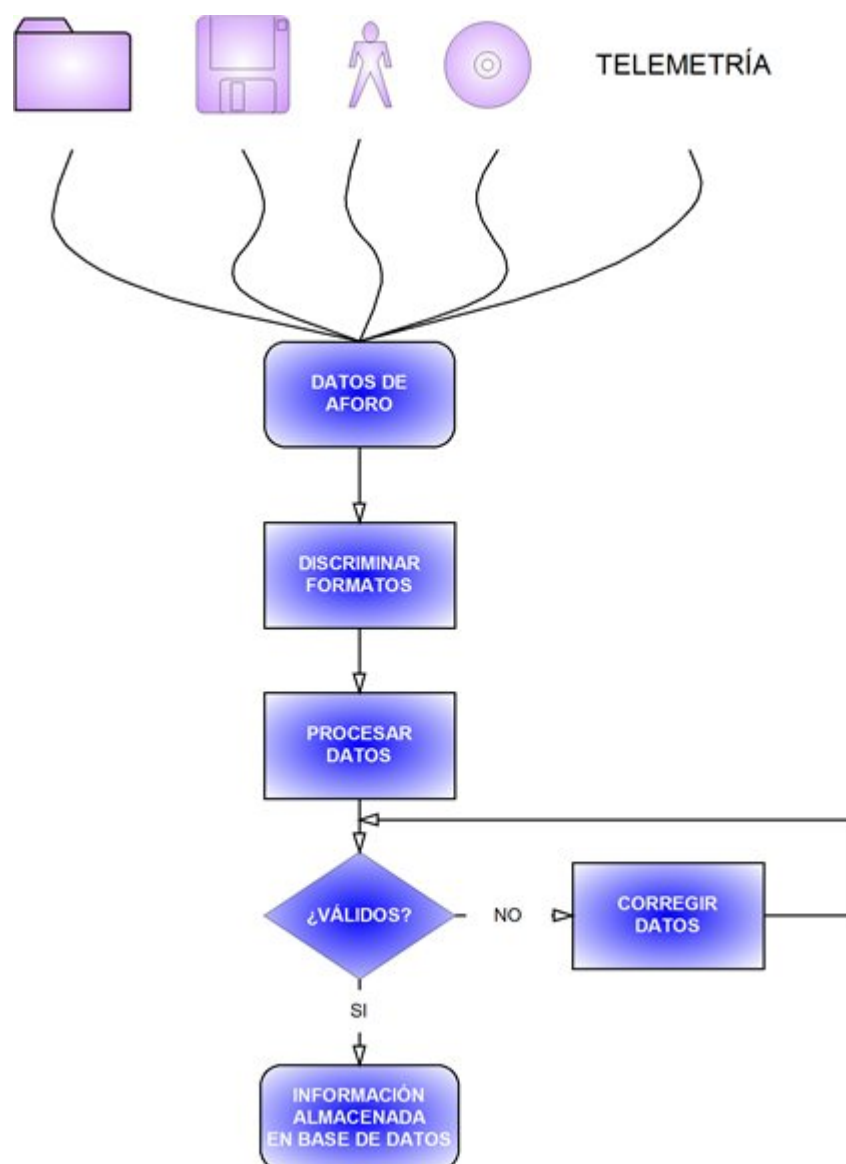


Figura 16: Diagrama recogida de datos

MÓDULO IV.3. EDICIÓN DE DATOS

Los perfiles de usuario superiores, operadores y administradores, dispondrán de herramientas para la actualización de la información contenida en la base de datos.

Los cambios realizados se verán reflejados de forma inmediata por el resto de usuarios con el fin de mantener una lógica en el proceso de actualización.

Todas las labores se realizarán a través de una interfaz ágil.

En todo momento, se intentará informar al usuario de las posibles consecuencias que pueden provocar los cambios realizados, como por ejemplo, su influencia en datos resumen o la variación de coeficientes de cálculo.

MÓDULO IV.4. NÚCLEO DE PROCESAMIENTO

Módulo dedicado a la migración de los actuales procedimientos y funciones implementados en lenguaje COBOL a la plataforma .NET, adaptándolos además al nuevo esquema de base de datos (ver esquema en la figura 17)

Se obtendrán las relaciones existentes entre los programas actuales para conseguir un código limpio y eficaz que, mantenga la potencia actual, incluso viéndose incrementado con nuevas funcionalidades que admita el nuevo sistema. Este módulo se apoyará en los resultados obtenidos en la fase de análisis del sistema actual.

Como resultado final, se dispondrá de un potente núcleo de procesamiento que, junto con las consultas y procedimientos almacenados de la base de datos, ofrecerá igual o superior prestación que el sistema actual.

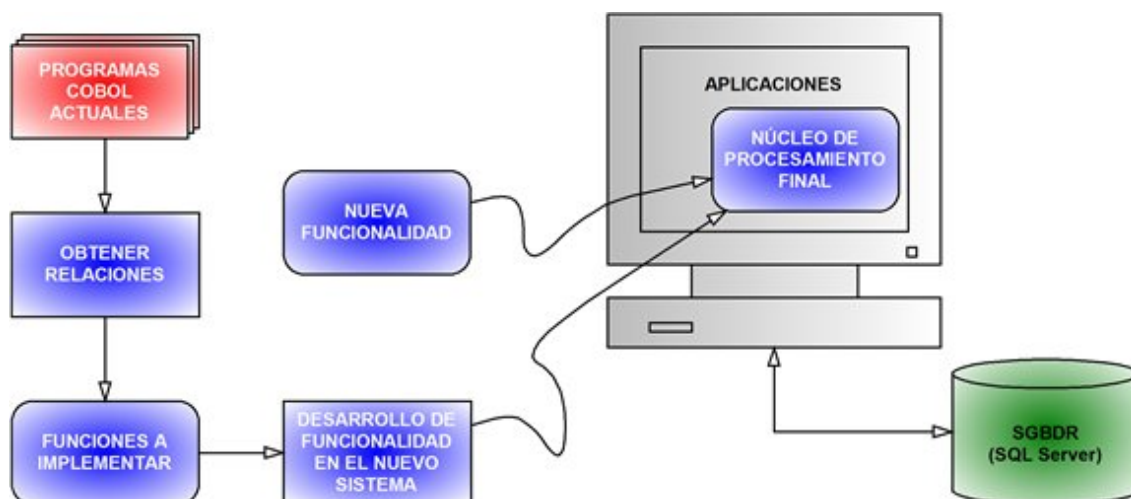


Figura 17: Diagrama nuevo esquema de datos

Entre las funciones que se implementarán se destacan:

- Coeficientes, porcentajes e IMDs
- Crecimientos respecto a otro año
- Crecimientos provinciales

- Vehículos kilómetro
- Estudio de la hora 30 y la hora 100
- Intensidades y porcentajes por intervalos
- Intensidades según carril y tipo de vehículo.

MÓDULO IV.5. ESTIMACIÓN

El nuevo sistema de aforos dispondrá de herramientas que le indiquen al usuario de posibles faltas de información para determinadas estaciones. Se le dará al usuario la posibilidad de estimar los datos según varias fuentes (figura 18), pero el proceso final es el mismo:

- Recurrir a datos de las estaciones afines.
- Recurrir a datos medios según diversas clasificaciones (tipos de tráfico, tipos de vía...)

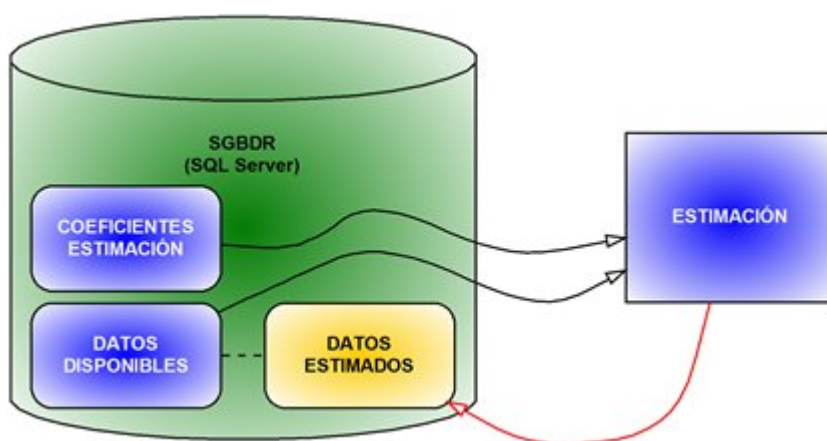


Figura 18: Diagrama módulo estimación

Por otro lado, el sistema contará con la posibilidad de obtener para una estación de aforo, estimaciones de los resultados que se esperan para la campaña de datos. Se intentará mostrar la mayor información posible, limitada por los datos almacenados en cada momento.

MÓDULO IV.6. SALIDAS

Los resultados mostrados en la aplicación se podrán obtener en formato papel, con informes que usen las plantillas de diseño que la Dirección General de Carreteras establezca. Entre los informes destacamos:

- Información de estaciones y afinidades
- Información de tramos de carretera
- Resúmenes de meses y años
- Intensidades de vehículos

Se identificará correctamente cada informe incluyendo además la fecha de realización.

Cada informe se podrá exportar a formato XLS de Microsoft Excel.

5.2.6 FASE V: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MÓDULO V.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Se implementará un nuevo sistema de información geográfica que se comunique directamente con la base de datos del nuevo sistema de aforos. Se trabajará “en línea” con los datos de aforo, de tal forma que, una modificación en la aplicación Cliente/Servidor se vea reflejada en la aplicación GIS y viceversa (figura 19).

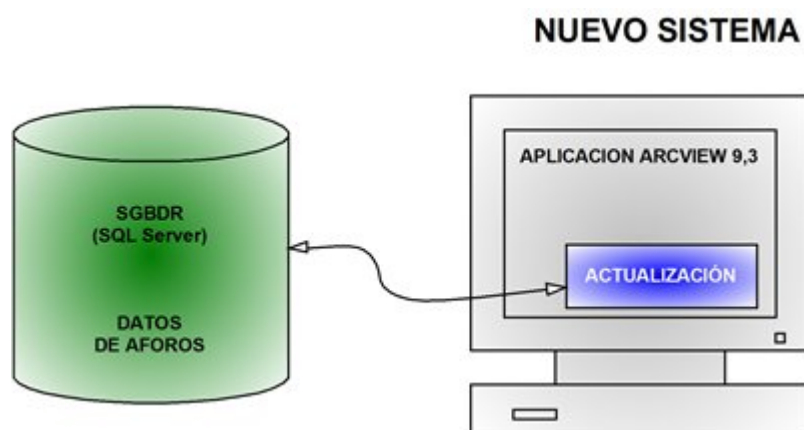


Figura 19: Diagrama módulo SIG

La funcionalidad disponible con el sistema de información geográfica básico no sufrirá recortes, sino que se intentará mejorar con las nuevas herramientas. Las funciones principales que se pueden llevar a cabo con las estaciones de cobertura serán:

- Gestión de información por provincias
- Creación y eliminación de estaciones de aforo
- Edición de los valores y coeficientes asociados a una estación
- Modificación de afinidad
- Elaboración de temáticos
- Etiquetado manual y automático de estaciones
- Elaboración de mapas para su posterior impresión

MÓDULO V.2. CD-ROM ANUAL

La información necesaria para la generación del CD-ROM del Mapa de Tráfico se exportará a través de la nueva aplicación.



Figura 20: Diagrama CD-ROM Mapa de Tráfico

Los datos tendrán el formato y características necesarios.

Con las herramientas que se construyan se intentará agilizar en la mayor manera posible el proceso de publicación del CD-ROM (figura 20).

FASE VI: IMPLANTACIÓN, DOCUMENTACIÓN Y FORMACIÓN

MÓDULO VI.1. AYUDA Y DOCUMENTACIÓN

Se incluirán los siguientes manuales:

- Manual de instalación: documento con los pasos a seguir para la correcta instalación de las aplicaciones y componentes que forman el nuevo sistema de aforos de la Dirección General de Carreteras.
- Manuales de usuario: conjunto de manuales de las diferentes aplicaciones del sistema de aforos.
- Manual técnico: diseño técnico de las aplicaciones.

MÓDULO VI.2. IMPLANTACIÓN

La implantación del nuevo sistema se realizará en varias etapas:

- Instalación de aplicaciones y componentes.
- Pruebas de instalación.
- Testeo de aplicaciones.
- Monitorización de la implantación del nuevo sistema.
- Una vez implantado el nuevo sistema, los dos sistemas, el antiguo y el nuevo, convivirán durante un tiempo para detectar y resolver posibles anomalías. La convivencia consistirá en una asistencia de 5 días al mes durante un año, alargando a 15 el número de días en el último mes de la asistencia.

6 .DESARROLLO DEL MÓDULO DE ESTIMACIÓN



6. DESARROLLO DEL MÓDULO DE ESTIMACIÓN ANUAL (PERMANENTES)

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de estimación consiste en la depuración de datos de tráfico leídos, completando los datos (días) no leídos o sustituyendo los considerados no válidos con datos estimados en función de diversos factores. Las estaciones permanentes (en teoría miden 365 días al año) son en las que se centrará el proyecto para ejemplificar y explicar el procedimiento empleado, ya que son las más completas y las que se emplean para prácticamente todos los estudios de tráfico. Las estaciones primarias, secundarias y coberturas tienen procesos de estimación que siguen la línea de las permanentes, pero con salvedades propias de cada tipo de estación.

A continuación se procederá a explicar el proceso mediante el cual se estiman las estaciones Permanentes para la obtención de la matriz de 365 o 366 respectivamente, la cual formará a su vez la matriz de 84 (7 días semana 12 meses) que representa el funcionamiento anual de cada estación (y la sección de carretera que representa).

Antes de comenzar la estimación, la aplicación comprueba si la estación a estimar tiene asignada alguna estación afín. Una estación afín es aquella en la que la composición y reparto del tráfico se comporta de manera similar a la estación a estimar. En general, las estaciones permanentes tienen como afín la propia estación con datos del año anterior. En este proceso se usan diferentes tipos de factores que indicaremos más abajo, pero para que la estimación se haga de forma correcta deberemos de indicar al menos una estación afín de la estación (si se indica más de una estación, el proceso lo realizara con todas las afines posibles), e indicar un grupo de tráfico que la represente para obtener estos factores. El grupo de tráfico es la clasificación en rangos según el tipo tráfico (Recreo, turístico, etc.)

Al comenzar el proceso, se recuperan todos los datos de la estación que se han validado mensualmente en el proceso de Validación Mensual (proceso en el cual los datos leídos de la estación se depuran de datos erróneos en cuanto a velocidad y volumen; se debe resaltar que se consideran datos erróneos o no válidos mirando su comportamiento respecto a día y mes, mientras que en la estimación es en cuanto a comportamiento anual y tipo de día), correspondientes a las calzadas que tenga esa estación. A continuación se comprueba los datos que se han capturado de la estación. El primer requisito que debe de pasar es que se hayan recogido más de 7 días para esa estación-calzada, para poder estimar, ya que si esto no es así, los datos no son representativos y se estimara de la misma manera que las estaciones de cobertura (proceso según el cual, mediante una estación afín y el comportamiento de la carretera, se asigna un tráfico anual a la estación, sin desagregar en días ni meses). En el mismo nivel se comprueba si la estación tiene dos calzadas, porque si al estimar los datos de alguna calzada esta no supera el filtro de los 7 días, se acudirá a la otra calzada para obtener todos los datos de esta y así duplicarlos para que ambas calzadas de la estación tengan datos.



En aquellas estaciones que tengan un comportamiento histórico de calzadas con relación distinta de 1:1 se dispone de una herramienta, posterior a la estimación, para corregir ese problema.

Una vez cargados los datos y agrupados en una matriz de 84 datos, estos se chequearán con los siguientes matrices de 84 factores, diferenciando ligeros y pesados en todo momento. Estas matrices de factores son matrices de 84 datos con coeficientes según tipo de día y mes:

- Factores extraídos de cada estación afín de los datos brutos del año anterior.
- Factores extraídos de cada estación afín de los datos estimados del año anterior.
- Factores extraídos de los intervalos de tráfico (Recreo, turístico, recreo-turístico etc.).
- Factores extraídos de los 24 grupos establecidos por intensidad de tráfico y tipo de vía sobre los datos Brutos del año anterior.
- Factores extraídos de los 24 grupos establecidos por intensidad de tráfico y tipo de vía sobre los datos Estimados del año anterior.

Una vez obtenidos los factores correspondientes al tipo de estimación, se realiza un reajuste comprobando que cada dato de la matriz de factores cumple una serie de requisitos.

Para ligeros

1.- Que el factor de cada mes y tipo de día de la semana se encuentra en el umbral

$$\text{Coef}_{13y}^t * (1-0.8) < \text{Coef}_{my}^t < \text{Coef}_{13y}^t * (1+0.8)$$

Siendo 13 el resumen anual para el tipo de día que corresponda.

2.- Que la diferencia del factor de cada mes y tipo de día a usar y del factor definitivo del año anterior es menor a 0.35

$$(\text{Coef}_{my}^t - \text{Coef Def}_{my}^t) < 0.35$$

3- Que el factor de cada mes y tipo de día

$$\text{Coef}_{13y}^t * (1-0.6) < \text{Coef}_{my}^t < \text{Coef}_{13y}^t * (1+0.6)$$

t= Tipo de día de la semana

m= mes del año



Nota:

Si el mes es Agosto y el factor es menor que 3 no se realiza ninguna de estas comprobaciones.

Si el mes es Julio y el factor es menor que 2 no se realiza ninguna de esas comprobaciones

Para Pesados

1.- Que el factor de cada mes y tipo de día de la semana se encuentra en el umbral

$$\text{Coef}^t_{13y} * (1-0.8) < \text{Coef}^t_{my} < \text{Coef}^t_{13y} * (1+0.8)$$

2.- Que la diferencia del factor de cada mes y tipo de día a usar y del factor definitivo del año anterior es menor a 0.35

$$(\text{Coef}^t_{my} - \text{Coef}^t_{Defm}) < 0.35$$

3.- Si después de estas dos validaciones el factor es superior a 2 automáticamente se suplanta por el factor definitivo del año pasado.

4.- Si por el contrario el factor es menor que dos se comprueba si es menor que 1 o mayor y se usa un factor u otro.

-Si el factor es mayor que 1 se usa el valor 0.6 como dato para asignar la amplitud del rango que indicara si el factor es válido o no.

-Si el factor es menor que 1 se usa el valor 0.8 como dato para asignar la amplitud del rango que indicara si el factor es válido o no.

Acto seguido se mira si el factor capturado está comprendido en el rango indicado:

$$\text{Coef}^t_{13y} * (1-(0.6 \text{ ó } 0.8)) < \text{Coef}^t_{my} < \text{Coef}^t_{13y} * (1+(0.6 \text{ ó } 0.8))$$

t= Tipo de día de la semana

m= mes del año

y = ligeros o pesados

Nota:



Si el mes es Agosto y el factor es menor que 2 no se realiza ninguna de estas comprobaciones.

Si algún dato de la matriz no cumple con lo indicado arriba, ese dato se elimina y se recalcula en base a los datos correctos de la matriz, para completarla con 84 datos, y se recalcula la matriz entera para que sume 1.

Con los datos validados de la estación se obtiene el IMD Provisional de ligeros y pesados de todos los datos obtenidos de la validación mensual y pasados a matriz 84, los cuales aparecerán en el informe y el número de días que lo forman tanto en ligeros como en pesados.

IMD Provisional Ligeros = \sum de todos los días de ligeros capturados

IMD Provisional Pesados = \sum de todos los días de ligeros capturados.

Después se recoge cada dato capturado y se divide entre la suma de estos para obtener un factor correspondiente a cada día que se chequeara con los factores de la matriz de 84 obtenidos en el paso anterior.

$$\text{Coef}^{tmy} * (1 - \text{Sigma}) < \text{Coef}^{dmy} < \text{Coef}^{tmy} * (1 + \text{Sigma})$$

Sigma = Desviación típica aplicada para ampliar el rango de validación

(por defecto usa 0.6 para ligeros y 0.6 para pesados)

t = Tipo de día de la semana

m = mes del año

y = ligeros o pesados

Después de realizar esta comprobación nos quedara una matriz con los factores que datos que la hayan pasado, entonces se calculara el IMD Depurado de ligeros y pesados:

IMD Depurado Ligeros = \sum días de ligeros que han pasado la validación.

IMD Depurado Pesados = \sum días de pesados que han pasado la validación.



Una vez obtenidos los IMDs depurado obtenemos los IMDs definitivos con la siguiente formula.

$$\text{IMD Definitivo Ligeros} = \sum \text{CoefLigDatosBuenos} / \text{IMD Depurado Ligeros}$$

$$\text{IMD Definitivo Pesados} = \sum \text{CoefPesDatosBuenos} / \text{IMD Depurado Pesados}$$

Como las permanentes se tienen que leer todos los días del año hay que estimar una matriz de 365,366 en cada caso para completar todos los días.

Antes de completar todos los días con estimaciones, buscaremos los datos que nos faltan y los intentaremos completar con los datos que han pasado la validación. Esto se realizara de la siguiente manera:

Si por ejemplo tenemos que estimar un jueves de abril, buscaremos si existe un jueves de abril que haya pasado la validación. Si es así, procedemos a copiar ese dato en el dato que nos hace falta. Si tenemos varios jueves haremos la media de estos y completaremos el día que nos falta. Si por el contrario no existe ningún día del mismo tipo y mes se procederá a estimar todos esos días.

Para estimar los días que nos falta nos apoyamos en los factores obtenidos en el primer paso y los IMDs definitivos. Se captura el día a estimar y se comprueba el mes en el que se encuentra y el día de la semana que ocupa, se captura su factor y se multiplica por el IMD Definitivo de cada tipo.

$$\text{Día a estimar Ligeros} = \text{IMD Definitivo Ligeros} * \text{Coef}^{tmy}$$

$$\text{Día a estimar Pesados} = \text{IMD Definitivo Pesados} * \text{Coef}^{tmy}$$

t= Tipo de día de la semana

m= mes del año

y = ligeros o pesados

Así obtendremos dos matrices de 365-366 en cada caso, de ligeros y pesados.

Este proceso se realiza una vez por cada tipo de factor y calzada, obteniendo varias estimaciones de la misma estación. Al finalizar con todas estas, se comprueba que estimación ha obtenido menor número de datos eliminados, se crea su matriz de 84 y se guarda como definitiva.

Todas las modificaciones que se realizan en la estimación , tanto la eliminación de datos ,la estimación de estos , la matriz de factores usada, queda reflejada para que pueda ser supervisada en el informe de Estimación Anual.

6.2 Descripción (mediante el interfaz) del módulo de estimación

En este menú (Ver figura 21) se encuentran las funciones de estimación anual, que es la trata de datos para obtener los datos definitivos de cada año para los tipos de estaciones permanentes, primarias y secundarias.

Desde aquí se gestiona la estimación de datos al igual que la creación de los factores para que el proceso funcione de manera correcta. En último lugar, podremos ver la evolución de los datos mostrando diferentes informes de datos, en los cuales, estos, han pasado por diferentes procesos.

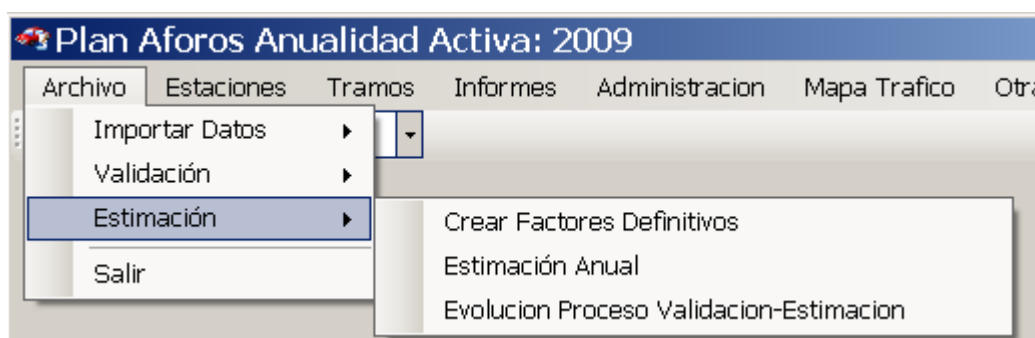


Figura 21: Menú Estimación

El proyecto se centra en el proceso de estimación, por lo que los pasos previos y posteriores al mismo se obviarán para detallar mejor dicha estimación (validaciones, creación de coeficientes, lecturas de datos...):

A continuación se mostrará el menú de la estimación propiamente dicha una vez se tienen los datos todo lo depurados que se desee (como se ha comentado antes, se obvian los pasos previos a este proceso).

En este menú nos encontraremos con la pantalla de Estimación Anual que se puede observar en la figura 22.

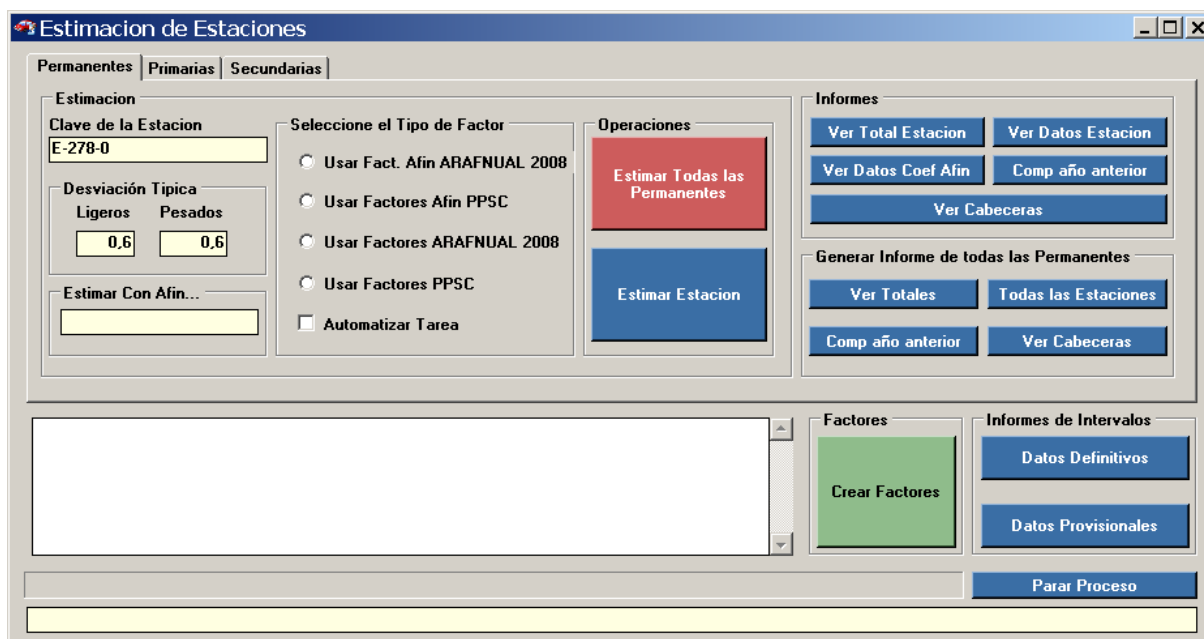


Figura 22: Pantalla General de Estimación. Pestaña Permanentes.

Esta pantalla vemos que está dividida por 3 pestañas, en cada cual se hace el tipo de estación que indica su nombre. Las 3 son prácticamente iguales pero se estructura así por las diferentes operaciones y factores que realiza cada una.

En este proceso podemos querer estimar una sola estación o todas las de un tipo a la vez. A continuación explicaremos como se realizan ambos procesos de un tipo de estación ya que para los otros dos el proceso es idéntico.

1.- Estimación de una sola Estación.

Lo primero es indicar que estación queremos estimar, para ello deberemos introducirla en la casilla como vemos en la figura siguiente:



Figura 23: Casilla selección estación

Si la estación introducida no existe el sistema nos lo indicara.

A continuación comprobaremos los parámetros que aparecen por defecto en el cuadro desviación típica (Figura 24).. Si deseamos usar los valores que nos aparecen predefinidos, los dejaremos tal cual. En el caso de que deseemos usar algún valor diferente, basta con modificar el valor que vemos por el que deseemos. De tal manera que si quisiera abrir el rango de Desviación Típica más, dejaría el cuadro como se muestra en la figura 25:

Desviación Típica	
Ligeros	Pesados
0,6	0,6

Figura 24: Indicadores de Desviación Típica a aplicar (valores por defecto).

Desviación Típica	
Ligeros	Pesados
0,8	0,8

Figura 25: Indicadores de Desviación Típica a aplicar (modificados).

Lo siguiente es indicar si se va a usar una afin que yo indique por pantalla o usar las que tenga dadas de alta en el sistema. El proceso por defecto captura todas las afines para la estación a estimar y las usa en su estimación. Si nosotros deseamos que se use una estación afin la introduciremos en la casilla mostrada en la figura 26, por lo que el proceso solamente usara la afin que nosotros indiquemos.

Estimar Con Afin...
E-5-0

Figura 26: Casilla de selección de posible afin.

Por ultimo solo falta indicar el/los factores a usar en el proceso. Aquí está la diferencia entre los diferentes tipos de estaciones. Para las permanentes se pueden usar los siguientes factores.

- 1.- Afin Arafnual año anterior (Factores de la afin del año anterior de los datos estimados)
- 2.- Afin PPSC (factores de la afin de los datos brutos)
- 3.-Arafnual año anterior (Factores de la propia estación de los datos estimados del año anterior)
- 4.- PPSC (Factores de la propia estación de los datos brutos del año actual)

5.- Automatizar Tarea: Si chequeamos esta opción, el proceso lo realizara con todos los factores, y al final vera cual ha sido el que ha tenido el mínimo número de errores* y le almacena como definitivo.

En la figura 27 se observan dos ejemplo de seleccionar solamente un factor y de seleccionar la opción automática.

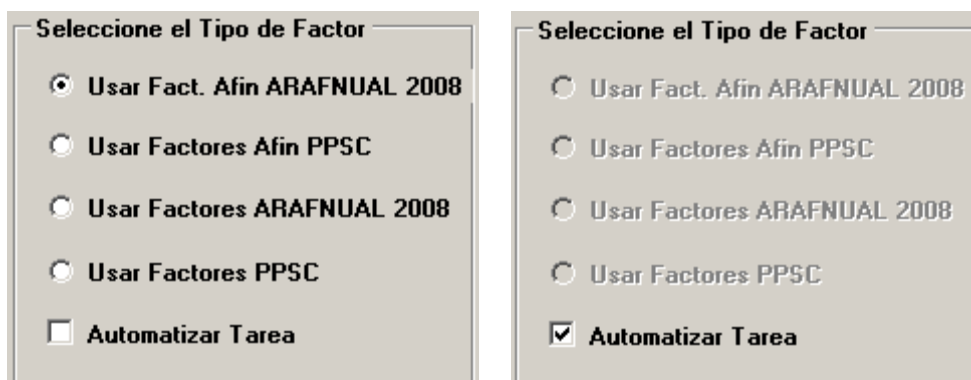


Figure 27 displays two screenshots of the 'Seleccione el Tipo de Factor' (Select the Type of Factor) dialog box. The left screenshot shows the 'Usar Fact. Afin ARAFNUAL 2008' option selected with a radio button, and the 'Automatizar Tarea' (Automate Task) checkbox is unchecked. The right screenshot shows the same options, but the 'Automatizar Tarea' checkbox is checked.

Figura 27: Factores a emplear. Permanentes

*Errores.- Se llaman errores a los datos eliminados que no han pasado los requisitos de la estimación.

Ya hemos visto que factores se usan para las estaciones permanentes, ahora vemos que factores se usan para las estaciones primarias y secundarias.

- 1.- Afin Arafnual (Factores de la afin de los datos estimados)
- 2.- Afin PPSC (factores de la afin del año anterior de los datos brutos)
- 3.-Arafnual (Factores de la propia estación de los datos estimados)

4.- PPSC (Factores de la propia estación de los datos brutos del año actual)

5.- Automatizar Tarea: Si chequeamos esta opción, el proceso lo realizara con todos los factores, y al final vera cual ha sido el que ha tenido el mínimo número de errores* y le almacena como definitivo.

En la figura 28 puede apreciarse dos ejemplo de seleccionar solamente un factor y de seleccionar la opción automática.

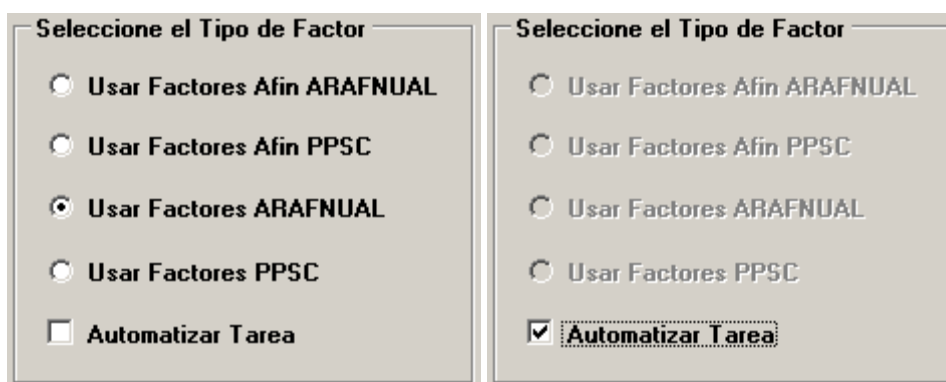


Figura 28: Factores a emplear. No Permanentes

Indicar también que aunque en la selección no aparezcan, en la estimación automática se usan dos tipos más de factores. Estos factores son los factores de trafico por clasificación en rangos de tipo trafico (Recreo, turístico, etc.) de todas las estaciones.

Una vez indicados todos los parámetros para la estimación se pulsara el botón indicado en la figura 29. Aquí comenzara el proceso de estimación el cual no se demora más de unos segundos por estación. Al finalizar el proceso chequearemos la casilla control de resultados para ver si el proceso ha finalizado correctamente, o se genero algún tipo de incidencia.



Figura 29: Botón de estimar estación.



En el caso de que se produzca una estimación con un proceso correcto, se mostrará una nota como la que se puede observar en la figura 30.

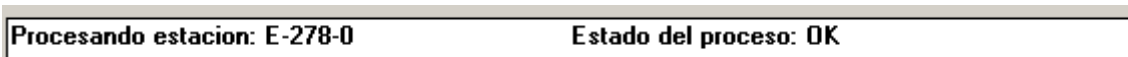


Figura 30: Proceso Correcto

En caso de encontrar alguna incidencia el proceso se le indicará al usuario (Ver figura 31).

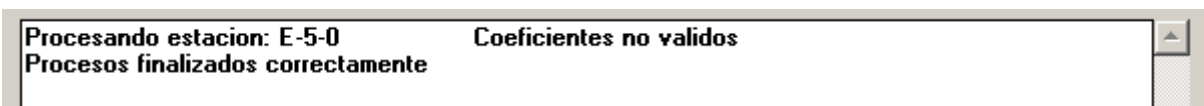


Figura 31: Proceso con errores / avisos

2.- Estimación de todas las estaciones de un tipo.

Este proceso es muy sencillo. En este paso se estimaran todas las estaciones del sistema del tipo que deseemos, con dar simplemente a un botón. Es necesario saber que este paso sustituirá toda estimación anterior y guardara esta última como definitiva.

Para llevar a cabo el proceso de estimación de Permanentes pulsaremos el botón de la figura 32. Es decir, cada tipo de estación con su botón correspondiente.



Figura 32: Botón para estimar todas las estaciones permanentes

Antes de empezar el proceso se pedirá confirmación para asegurarse de que el usuario está de acuerdo con el proceso a realizar(Ver Figura 33).

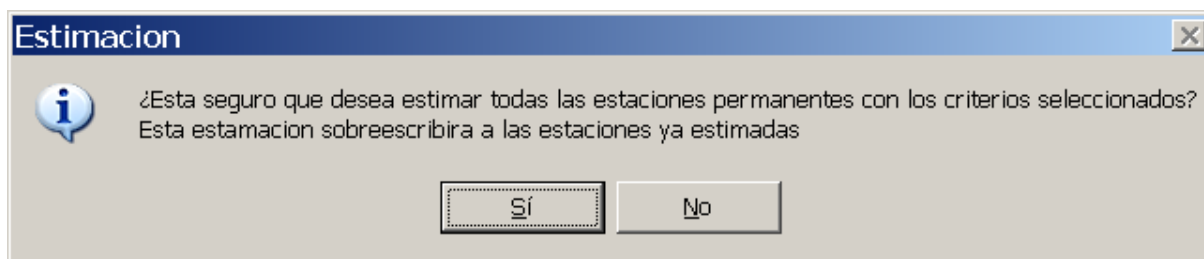


Figura 33: Confirmación de proceso de estimación

En caso de elegir hacer la estimación el proceso comenzará de inmediato.

Una vez realizados los procesos de estimación deseados, en la misma pantalla de estimación podemos ver los resultados de la estimación. A continuación se detallan los informes que se pueden visualizar involucrados en este proceso (Figura 34).

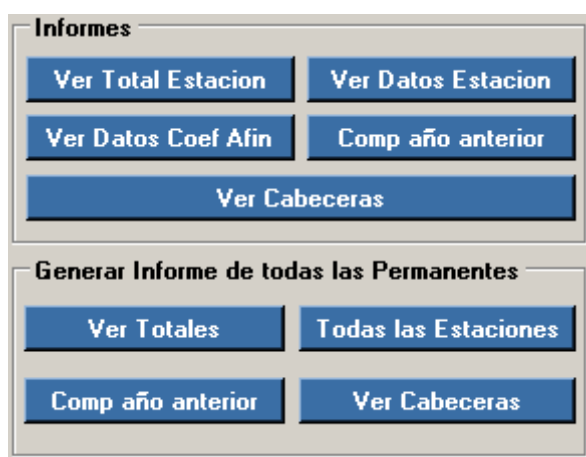


Figura 34: Ventana de informes de datos

Al seleccionar cualquier informe se observará un cartel de espera, ya que la generación del informe lleva unos segundos.



1.-Ver Total Estación: Recupera los datos de la estación completa, independientemente en número de calzadas que tenga y lo plasma en 3 matrices de 84 datos. Una para ligeros, para pesados y total. Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

2.-Ver datos Estación Recupera los datos de la estación en matriz de 84. Este informe se presenta por calzadas, al igual que el otro una o dos matrices (dependiendo el número de calzadas) por cada tipo de vehículo y una para el total. Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

3.-Ver Datos Coeficientes Afín Muestra en matriz de 84 los coeficientes usados para la estimación. Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

4.-Comparativa con el año anterior: Comprueba el comportamiento de la estación con años anteriores. Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

5.-Ver Cabeceras de estimación: Este informe muestra todas las cabeceras utilizadas en el proceso de estimación (es decir, los resúmenes de los distintos métodos, resultados medios, datos no válidos, con los que se ha realizado la estimación. En caso de sólo haber seleccionado un método de estimación sólo habrá una cabecera). Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

6.-Ver Totales: Este botón genera todos los informes de totales de todas las estaciones. Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

7.-Todas las Estaciones Funciona igual que el informe de ver datos de estación pero para todas las estaciones. Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

8.-Comparativa Año Anterior (Todas) Este botón funciona igual que el botón "Comp Año anterior" explicado arriba pero para todas las estaciones .Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

9.-Ver Cabeceras (Todas) Este botón funciona igual que el botón de ver cabeceras pero lo realiza para todas las estaciones. Para saber más de este informe, ver el anexo 5.

A parte de estos informes, se dispone de dos informes más, en los cuales se pueden ver los intervalos usados para la estimación extraídos de los datos definitivos y de los provisionales. Estos informes pueden ser llamados desde los botones mostrados en la figura 35.

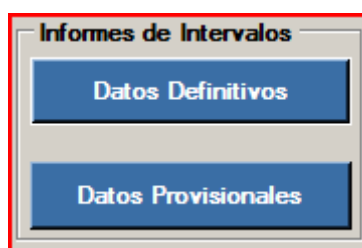


Figura 35: Informes de factores

Por ultimo tenemos el botón de Crear Factores.. Este botón crea los factores para todas las estaciones que ya estén estimadas. Es necesario tener los factores lo más actualizado posible para que las estimaciones posteriores puedan usarlos. Lo recomendable es que una vez se hayan estimado todas las estaciones de un tipo, generar todos los factores para tenerlos lo mas actualizado posibles.

7. PRESUPUESTO



7. PRESUPUESTO

7.1 EQUIPO DE TRABAJO

Para la confección de los trabajos recogidos se considera la inclusión de 6 personas:

- Jefe de Proyecto (1)
- Analista (1)
- Analista Programador (2)
- Operador (1)
- Instructor (1)

A.1. Roles y responsabilidades

Las responsabilidades de los miembros del equipo según su perfil son:

Jefe de Proyecto, con responsabilidades de coordinación y gestionar el equipo de. Será también el interlocutor con el Representante de la Administración. Velará por el alcance, los cambios, los riesgos, los plazos e hitos que se establezcan al arranque del proyecto, así como que se alcancen los niveles de calidad establecidos y definidos. Participa activamente en el Comité de Seguimiento que se genere.

Analista, participando en actividades relacionadas con la gestión del proyecto (participa en el desarrollo del plan de equipo de acuerdo con el conjunto del plan del proyecto, supervisa e informa del progreso del equipo en comparación con el plan, asegura que el equipo siga los estándares y metodologías del proyecto, supervisa las prioridades y el proceso de resolución, distribuye recursos en tareas identificadas, lidera la calidad de los entregables, etc.) y el diseño del sistema (sirve como arquitecto de la futura visión, diseño y configuración del sistema, proporciona experiencia del diseño y procesos de prueba, presenta y valora alternativas,



identifica y resuelve disputas dentro del equipo, trabaja con el equipo de formación para el desarrollo del plan de formación y su diseño, etc.).

Analista-Programador, con participación centrada en las fases de: Diseño, Construcción e Implementación, aportando su enfoque técnico en la construcción de la solución y pruebas, con un fuerte conocimiento en las herramientas a utilizar.

Operador, con conocimientos de gestión de bases de datos, aportará su experiencia en tareas de carga y validación de datos.

Instructor, participando en la fase de Formación, con un fuerte conocimiento de las herramientas a utilizar.

A.2. Cargas de trabajo

Las cargas del equipo de trabajo con respecto al total del proyecto son los que aparecen en la tabla 4:

Tabla 4: Perfiles

PERFIL	DEDICACIÓN
Jefe de Proyecto	10%
Analista	20%
Analista programador	200%
Operador	5%
Instructor	10%

A.3. Control y Seguimiento

Siguiendo los aspectos recogidos por el pliego de prescripciones técnicas y también de acuerdo con la metodología Métrica v.3.0 que se utiliza para el desarrollo de proyectos, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos para salvaguardar la correcta marcha del proyecto:



-
- Se propone la organización de un pequeño comité de seguimiento donde se centre la toma de decisiones. El jefe de proyecto estará presente en el comité y transmitirá las decisiones al equipo de trabajo.
 - No obstante el proyecto se ajustará a la forma de seguimiento que el Representante de la Administración especifique.
 - Se establecerán reuniones periódicas del Equipo de trabajo con objeto de analizar el nivel de avance del proyecto y los posibles problemas que a lo largo del desarrollo puedan surgir.
 - Si procede se establecerán reuniones de control económico.
 - Se elaborarán informes de situación y progreso que servirán para comunicar al Representante de la Administración, el estado actual de los trabajos, los objetivos alcanzados, las incidencias ocurridas, etc.
 - Se procederá a certificaciones parciales según los hitos marcados si procede.
 - Se realizarán también Hojas de control de tareas, si procede.
 - De las reuniones mantenidas se elaborará un acta.

A.4. Equipo humano

7.2 PROGRAMA DE TRABAJO

B.1. TAREAS A REALIZAR

El desarrollo del proyecto implicará la realización de las siguientes tareas:

Análisis de requisitos

Se basará en la obtención de los requisitos del sistema mediante reuniones de trabajo con los usuarios, o sus representantes, y la posterior elaboración de los mismos hasta confeccionar el catálogo inicial de requisitos.

El **Catálogo de requisitos** será un documento que será entregado a la Dirección General de Carreteras para su validación.

Análisis Funcional

Definirá una especificación detallada del sistema que refleje la solución adoptada para satisfacer los requisitos identificados en la fase anterior y al mismo tiempo establezca las bases para la construcción del sistema tras la elaboración del diseño del proyecto.

La **documentación** elaborada en esta fase contemplará los siguientes elementos:

- Identificación de subsistemas
- Análisis de casos de uso
- Análisis de modelo lógico de datos
- Definición de las interfaces de usuario

El resultado del análisis será presentado a la Dirección del Proyecto para su aprobación.

Diseño del sistema

Establecerá los detalles del sistema necesarios para afrontar la fase de construcción, incluyendo tanto las características de los diversos módulos como las pruebas a realizar para comprobar su correcta ejecución.

Contempla la definición de la arquitectura del sistema, incluyendo su particionamiento físico y la descripción del entorno tecnológico, el diseño de las clases, el diseño físico de datos y la especificación de los planes de pruebas.

El **plan de pruebas de implantación** y el **plan de pruebas de aceptación** serán remitidos a la Dirección del Proyecto para su aprobación previa a la ejecución de las pruebas.

Se elaborarán los procedimientos de usuario, necesarios para la puesta en explotación del sistema por parte del usuario final. Contemplan la generación de los documentos **Procedimientos de instalación**, **Manual de administración y operación** y **Manual de usuario**.

Se planificará la formación de los usuarios finales, de los distintos perfiles de uso de la aplicación Cliente/Servidor, de la aplicación Web y de la aplicación GIS.

Desarrollo y pruebas

Se procederá a realizar el desarrollo de los componentes definidos en las fases anteriores, así como la comprobación individual del correcto funcionamiento de cada una de las funcionalidades desarrolladas.

Tras la validación individual de cada uno de los componentes se procederá a la ejecución de los planes de pruebas de integración en que intervengan. Cuando todos los subsistemas hayan superado las pruebas de integración se realizarán las pruebas de sistema, que verificarán el conjunto de requisitos del sistema en un entorno que aún no es el definitivo de explotación.

Instalación de la aplicación

Tras la elaboración junto con los responsables del proyecto por parte de la Dirección General de Carreteras del plan de implantación, se realizará la instalación del mismo en un entorno de preproducción.

Tras la ejecución conjunta de las pruebas de implantación y la formación de los usuarios, se someterá el sistema a la aprobación del usuario final, para lo que se contará con el plan de pruebas de aceptación como guía de referencia.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del conjunto del sistema y formados los usuarios, la Dirección General de Carreteras decidirá el momento de su paso a explotación. Tal actividad contará con la colaboración de los técnicos que desarrollaran la aplicación.

Mantenimiento

Como una tarea adicional incluida en la oferta, se ofrece y garantiza un mantenimiento correctivo durante el año siguiente a la implantación del sistema. Este mantenimiento atenderá únicamente las peticiones originadas por errores del producto software.

B.2. CRONOGRAMA



La duración estimada para el desarrollo e implantación de las funcionalidades descritas, con las fechas de inicio definidas en la planificación, es de 14 meses

Las tareas se desarrollarán de acuerdo con el siguiente calendario:



7. Presupuesto

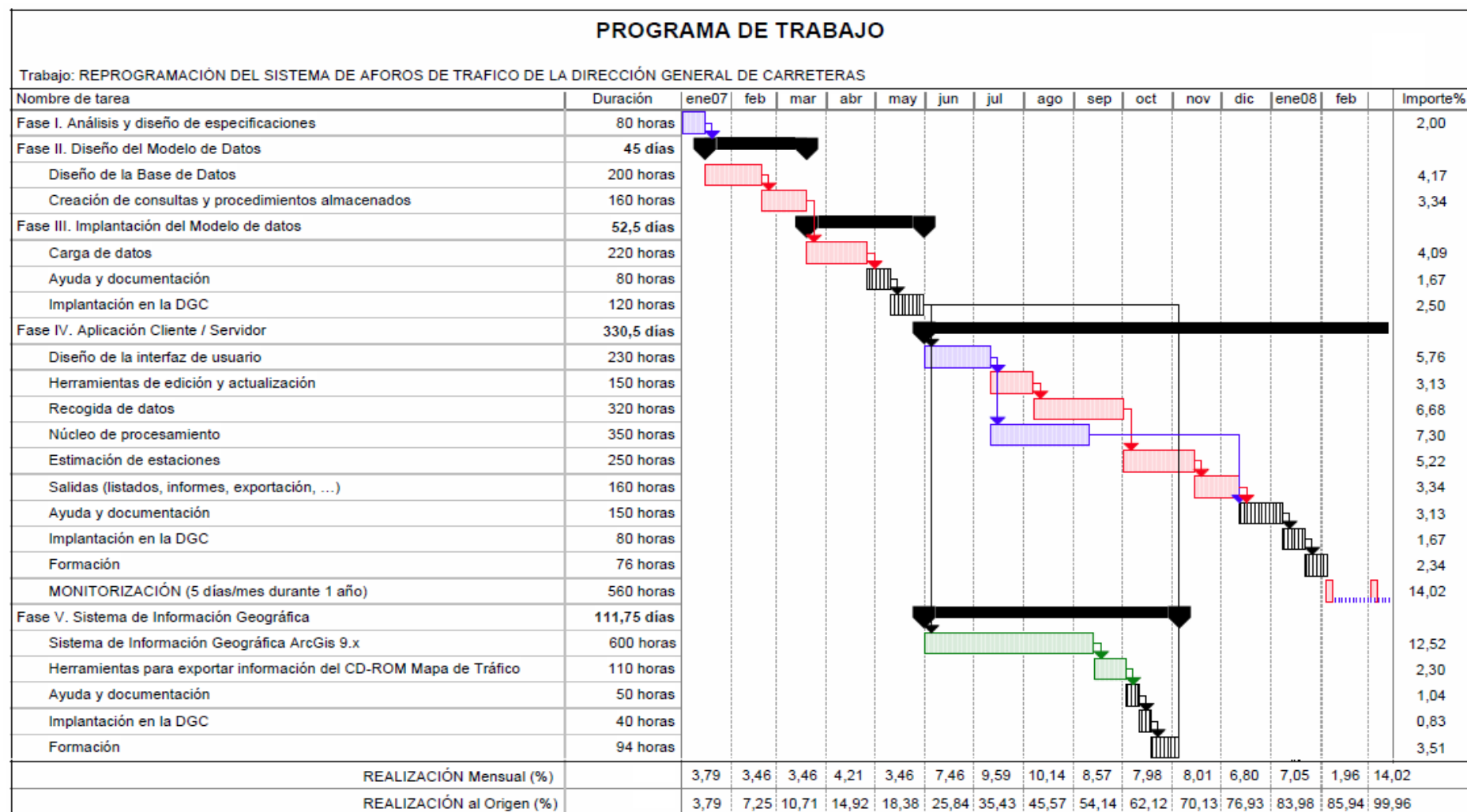


Figura 36: Cronograma



El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 254.806,376 EUROS.

8. CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

Los objetivos principales de este proyecto eran:

“Diseño e implementación del sistema de tratamiento de datos de aforo de la DGC”. Este objetivo se ha cumplido sobradamente dado que ha permitido un análisis y estimación de los datos más completo al incorporar criterios estadísticos más finos, como es el empleo de la matriz de 84 coeficientes.

En segundo lugar, la mejora viene dada por el diseño más prolijo de la aplicación que permite interactuar con una base de datos tanto de la estación (en el aplicativo anterior no existían contrastes programados y automáticos con los datos del año anterior) como de la estación afín.

La respuesta, tanto en calidad de datos como en tiempo de procesamiento, ha sido uno de los mejores indicadores de la bondad de la aplicación.

2. La aplicación nueva permite trabajar en tiempo real en modo multiusuario al equipo actual de 10 ingenieros con lo que se ha mejorado considerablemente el rendimiento del equipo de trabajo.

3. Los resultados se pueden exportar a los formatos más comunes (Excel, pdf, Word...) permitiendo una gran variedad de salidas evitando la dependencia de los técnicos de la presencia del responsable informático.

4. Se ha integrado la aplicación con la presentación anual del SIG del mapa de tráfico de forma que todos los datos pueden exportarse a otras plataformas (GIS y Access).

5. El objetivo central de este proyecto ha sido la mejora en la estimación de las estaciones permanentes. Se ha desarrollado específicamente un procedimiento estadístico de validación por medio de la matriz de 84 factores, gracias al cual, el nivel de mejora obtenido con este procedimiento ha sido muy importante, ya que ha permitido reducir el nivel de error, según el trabajo realizado en la DGC, de manera notable.

La comparativa con el procedimiento anterior de estimación es la siguiente:

Usando procedimiento anterior

Tabla 5: Error procedimiento estimación antiguo

Días Aforados	Error (% sobre IMD real)
84	1,6
42	2,5
12	4,9
2	12,1

Usando procedimiento actual

Tabla 6: Error procedimiento estimación nuevo

Días Aforados	Error (% sobre IMD real)
84	0.9
42	1.4
12	2.7
2	6.7

6. La mejora de modelos además de los existentes en la captación de datos, alarmas, aforos manuales, etc. Tiene su mejor ejemplo en la estimación del tráfico mensual, obtenido a partir de las estaciones permanentes cuyo error es inferior al 0,5 % del tráfico real.

Dada la fiabilidad del sistema, estos datos se han incorporado a la propia página web del Ministerio de Fomento como previsiones de tráfico del año en curso.

A nivel personal este proyecto me ha servido para abrirme los ojos y ver que a nivel teórico, esquemas de trabajo, diseños... todo es factible e incluso fácil, pero a la hora de realizarlo surgen problemas y sorpresas, nunca contemplados en dichos elementos, que acaban por hacer que el trabajo no se realice una vez ni dos, sino las que hagan falta hasta que el cliente (y después de tanto tiempo hasta tú mismo por implicación) quede satisfecho.



La estadística y la ingeniería de tráfico han sido unas de las grandes protagonistas para mi persona en esta aplicación ya que, tras este proyecto, puedo afirmar que no puedo implementar algo sin saber para que ni porque se hacen las cosas, por lo que “necesité” entender todos los procedimientos y estudios estadísticos que empleábamos y como y para qué se aplicaban a la ingeniería de tráfico.

Refiriéndome a tecnologías, el proyecto me ha servido para aprender y especializar en visual .net, 2003, 2005 y 2008 (según el momento del proyecto y la tecnología requerida en ese momento por el cliente y su infraestructura), y, además, con el tiempo de manera cada vez más óptima, y limpia, gracias al “redescubrimiento” de la orientación que poco a poco se convirtió en la metodología a usar.

En el ámbito de las bases de datos, el T-SQL (también hubo que pasar por 2000, 2005 y 2008) lo aprendía a manipular bastante bien tras tratar con bases de datos con más de 1000 tablas (con sus desencadenadores correspondientes muchas de ellas), 240 vistas y más de 400 procedimientos y funciones cada anualidad. En esta tecnología es en la que más me he especializado con este proyecto y me alegro de ello ya que ahora las bases de datos no las miro con recelo, sino con curiosidad, ya sea oracle, mysql, sqlite...

También mencionar otras tecnologías / lenguajes que he podido aprender a manejar y alguna/ os a dominar (arcview 3.1, arcGis 9.3, arcgis 10, arcObjects, Avenue, SIG libres...)

Un aparte especial merecen los crystal reports que, tras tantas y tantas horas provocando quebraderos de cabeza con sus malfuncionamientos (y mis propios errores también), en el diseño gráfico y funcionalidad, y tantos y tantos informes como se han construido, ahora no querría usar otro visor / generador que no sea el de Business Objects.

9. LÍNEAS FUTURAS



9. LÍNEAS FUTURAS

La primera línea de futuro (que ya se ha convertido en realidad en agosto de 2011 http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/CARRETERAS/TRAFFICO_VELOCIDADES/) consistiría en desarrollar una serie de informaciones históricas, actuales o de previsiones de tráfico, velocidades y accidentes para incorporar a la página web del ministerio de fomento. Estas informaciones deben ser de datos muy depurados ya que al colocarlas en la propia web se les confiere un carácter oficial, por lo que la mejora en los métodos y algoritmos de estimación y depuración de datos debe ser continuada.

El segundo punto sería la integración de los datos de tráfico de otras unidades de la propia DGC de forma que haya una base de datos única y lo más integrada posible.

Otra línea de trabajo futura sería la interconexión con datos de otros organismos (CCAA, Diputaciones...) de forma que permita disponer de la información de manera fácil y accesible a los técnicos y usuarios, tanto en base de datos, plataformas web o SIGs.

La cuarta línea sería la utilización multiusuario de los datos de los aparatos de aforo en origen por parte de los técnicos de las unidades de carreteras y las concesionarias de conservación. Actualmente sólo puede acceder un usuario y los datos desaparecen, por lo que ese usuario debe repartirlos entre los distintos interesados.

Como quinta idea futuro, se estudiaría la mejora derivada del empleo de piezoeléctricos para incluir pesajes y silueta de vehículos en línea con los estudios desarrollados actualmente. Con ello se mejoraría la calidad y el volumen de la información y se eliminaría la realización física de los aforos manuales.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Pedro Galán Bueno, Jefe de Servicio de Proyecto Responsable de Tráfico de la D.G. de Carreteras. Los Estudios de tráfico en la D.G.C. y el manual de capacidad, Curso: “El manual de capacidad del 2000 y sus aplicaciones en España” Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid 2004, 2006 y 2008.

[2] TRB. Highway Capacity Manual 2000. National Research Council.

Disponible [Internet]:

<http://www.trb.org/Main/Blurbs/Highway_Capacity_Manual_2000_152169.aspx > [27 de octubre de 2011]

[3] Revista Rutas num. 82. Novedades en la edición del manual de Capacidad 2000.

[4] Norma de Trazado 6.3.1 IC Dirección general de Carreteras, Ministerio de Fomento.

. Disponible [Internet]:

<http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/CARRETERAS/NORMATIVA_TECNICA/FIRMPAV/REHABIFIRME/ > [27 de octubre de 2011]

[5] [Secciones de firme. Instrucción de carreteras. Norma 6.1 IC](#) . Dirección general de Carreteras, Ministerio de Fomento. Pág.15. Disponible [Internet]:

<http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/PUBLICACIONES/PUB_OF_LINEA/CARRETERAS/norma61ic.htm > [27 de octubre de 2011]

[6] Pedro Galán Bueno, Jefe de Servicio de Proyecto Responsable de Tráfico de la D.G. de Carreteras. Curso General de Transporte terrestre. 1986-2011. Metodología de planificación y variables básicas de tráfico. Fundación de ferrocarriles españoles.

[7] Un desarrollo de la historia de la planificación y de los métodos y técnicas empleados, así como un resumen de la información más relevante de tráfico y transporte, se encuentra en



“Atlas Nacional de España. Transporte por Carretera”, coordinador Pedro Galán Bueno, Instituto Geográfico Nacional 2007, y CNIG 2007.

<http://www.ign.es/ane/ane1986-2008/>

[8] Ley y Reglamento de Carreteras. Legislación de carreteras 2010. Disponible [Internet]:
<http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/PUBLICACIONES/PUB_OF_LINEA/CARRETERAS/LegislacionCarreteras.htm> [27 de octubre de 2011]

[9] Los transportes, las infraestructuras y los servicios postales. Informe anual 2009.

Disponible [Internet]:
<http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/PUBLICACIONES/PUB_OF_LINEA/TRANSPORTES/transp_inf_sp09.htm> [27 de octubre de 2011]

[10] Mapa de Tráfico 2009. Mapa y CDROM. Resumen de Longitud y tráfico en los anuarios. DGC Ministerio de Fomento.

[11] Pedro M. Galán Bueno. Inventario de características geométricas en mesa redonda sobre inventarios dentro de los XII jornadas de Conservación de Carreteras. Escuela de Ingenieros de Caminos 11/11/2010.

[12] DGC Normativa Técnica. Disponible [Internet]:
<http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/CARRERAS/NORMATIVA_TECNICA/

> [27 de octubre de 2011]

[13] jornada sobre el Inventario de Características geométricas y equipamiento DGC. Ministerio de Fomento, del 3 a 7 mayo de 2010, 20 de mayo 2010 y 7 de junio de 2010 Matilde Dueñas, Pedro Galán Bueno, Sebastián Hernández y Jesús Linares.



[14] Inventario de la Red de Carreteras del Estado. Catálogo de la RCE a 31 de diciembre de 2008.

Disponible [Internet]:

<http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ESTADISTICAS_Y_PUBLICACIONES/PUBLICACIONES/PUB_OF_LINEA/CARRETERAS/Inventario_red.htm> [27 de octubre de 2011]

[15] Pedro M. Galán Bueno: Introducción a la Ingeniería al tráfico I y II. Coordinador del Módulo de Ingeniería de tráfico del Curso de Conservación y explotación de carreteras (1991 a 2011). Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento.

[16] Páginas 13 y 14 de los Criterios Técnicos del Mapa de Tráfico y del CD-ROM de 2009.

[17] La tipología, denominación y otras características de cada uno de los tipos de estaciones de aforo se describe en las páginas 9, 10 y 11 de los Criterios Técnicos del Mapa de Tráfico y del CD-ROM de 2009 y en el apartado 1.2.1.3 de este Proyecto.

[18] La calidad de los datos de aforo en la DGC. Cedex y DGC 2010.

[19] El CD-ROM de tráfico incluye como anejo los Criterios del Plan de Aforos del año.

[20] El Plan de Aforos es enviado a las Unidades y Demarcaciones de Carreteras para su ejecución y cumplimiento.

[21] La información de tráfico y transporte que se suministra en todos los anuarios nacionales e internacionales es un producto derivado del mapa de tráfico.

[22] Con este método la D.G.C. lleva realizando encuestas desde 1960 para el diseño de redes arteriales y en particular para la elaboración de los Planes de Carreteras 1984-1993 y para



el estudio de las vías de alta velocidad (1998). Biblioteca del Ministerio de Fomento y Centros de Documentación de Transporte (Ministerio de Fomento).

[23] EPTMC Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera. 1987 a 2010, Anual. Disponible [Internet]:
<http://www.fomento.es/mfom/lang_castellano/estadisticas_y_publicaciones/informacion_estadistica/transporte/eptmc/eptmc_metodologia.htm> [27 de octubre de 2011]

[24] MOVILIA 2003 y 2007. Disponible [Internet]:
<http://www.fomento.es/mfom/lang_castellano/estadisticas_y_publicaciones/informacion_estadistica/movilidad/movilia2006_2007/datosmovilia2007xls.htm> [27 de octubre de 2011]

11. ÍNDICE DE FIGURAS



11. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Carreteras	4
Figura 3: Análisis de Datos	8
Figura 4: Interfaz diseño de Carreteras.....	12
Figura 5: Interfaz Selección de Carretera	13
Figura 6: Cartografía de la Zona.....	13
Figura 7: Interfaz de un enlace	14
Figura 8: Gráficos de la Geometría.....	14
Figura 9: Interfaz Consultas	15
Figura 10: Principales bloques de la aplicación	27
Figura 10: Diagrama de la Aplicación	28
Figura 11: Distintos Perfiles y Actividades.....	29
Figura 12: Diagrama de objetivos del análisis.....	30
Figura 13: Esquema proceso transformación de ficheros	31
Figura 14: Funcionamiento del sistema.....	32
Figura 15: Diagrama de carga de datos.....	33
Figura 16: Diagrama recogida de datos.....	36
Figura 17: Diagrama nuevo esquema de datos	37
Figura 18: Diagrama módulo estimación	38
Figura 19: Diagrama módulo SIG	39
Figura 20: Diagrama CD-ROM Mapa de Tráfico	40
Figura 21: Menú Estimación.....	47
Figura 22: Pantalla General de Estimación. Pestaña Permanentes.....	48
Figura 23: Casilla selección estación.....	48
Figura 24: Indicadores de Desviación Típica a aplicar (valores por defecto).	49
Figura 25: Indicadores de Desviación Típica a aplicar (modificados).	49
Figura 26: Casilla de selección de posible afín.	49
Figura 27: Factores a emplear. Permanentes.....	50
Figura 28: Factores a emplear. No Permanentes	51
Figura 29: Botón de estimar estación.	51
Figura 30: Proceso Correcto	52
Figura 31: Proceso con errores / avisos	52



<i>Figura 32: Botón para estimar todas las estaciones permanentes.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 33: Confirmación de proceso de estimación</i>	<i>53</i>
<i>Figura 34: Ventana de informes de datos</i>	<i>53</i>
<i>Figura 35: Informes de factores.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 36: Cronograma.....</i>	<i>63</i>

12. ÍNDICE DE TABLAS



12. ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Categorías de Tráfico Pesado</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 2: Tipos y Obtención de Datos Básicos.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 3: Registro de Datos.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4: Perfiles.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 5: Error procedimiento estimación antiguo.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 6: Error procedimiento estimación nuevo.....</i>	<i>67</i>